



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Departamento de Humanidades e Gestão

ASPOF AN Nelson André Azevedo de Oliveira

Eficiência na manutenção de Viaturas

Aplicação do Método Data Envelopment Analysis na Marinha Portuguesa

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais,
na especialidade de Administração Naval**

Alfeite

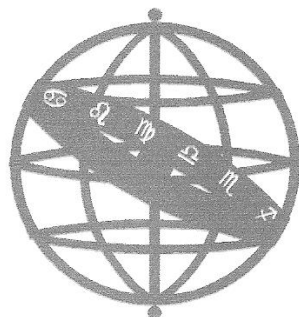
2020





ESCOLA NAVAL

l'antérieur bi-faire



ASPOF AN Nelson André Azevedo de Oliveira

Eficiência na manutenção de Viaturas **Aplicação do Método DEA na Marinha Portuguesa**

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na
especialidade de Administração Naval**

Orientação de: Professor Doutor Anacleto Cortez e Correia

O aluno mestrando,

O orientador,

ASPOF AN Azevedo de Oliveira

Professor Anacleto Correia

Alfeite

2020

Epígrafe

“Long ago, Benjamin Graham taught me that - Price is what you pay; value is what you get. Whether we’re talking about socks or stocks.”

“Há muito tempo, Benjamin Graham ensinou-me que
- O preço é o que pagamos, o valor é o que obtemos
Quer estejamos a falar de meias ou de ações.”

Warren Buffet

Dedicatória

Aos meus pais, irmão e namorada por serem o meu porto de abrigo, a minha
dedicação e a minha força.

Agradecimentos

Para um aspirante a oficial da Marinha a dissertação de mestrado é em suma a consagração de um trabalho de investigação realizado ao longo de um semestre e representa o término de uma das fases mais importantes do seu processo de formação. Como tal, o auxílio e apoio de várias pessoas neste processo, foi fulcral. Assim, expresso a minha gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram e me apoiaram na elaboração da dissertação de mestrado.

Em primeiro lugar, agradeço ao Professor Doutor Anacleto Cortez e Correia, meu orientador, por toda a sua dedicação, disponibilidade e incentivo demonstrados durante a elaboração da presente dissertação de mestrado, destacando a importância do seu apoio, orientação, conselhos, esclarecimentos, correções, sugestões e desafios lançados, que me iluminaram na condução e elaboração do trabalho de investigação.

À Escola Naval, casa que me recebeu e acolheu durante estes últimos anos e a todos os oficiais do Departamento de Humanidades e Gestão, que tiveram um papel fundamental na minha formação e que me apoiaram ao longo da mesma.

À Direção de Transportes, especialmente ao Capitão-Tenente Martinho Sequeira, ao Primeiro-Sargento Russo Caldeira e ao Primeiro-Sargento Cancela Galhardo pela forma atenciosa com que me receberam e pelo incentivo demonstrado durante a realização da presente dissertação de mestrado.

Ao Comandante do NRP *Figueira da Foz*, Capitão-Tenente Fernandes da Palma, ao Guarda-Marinha Vilarinho Filipe, aos restantes oficiais e guarnição do navio pela preocupação e disponibilidade demonstrada no meu período de estágio de embarque, quer no esclarecimento de dúvidas, quer no apoio à realização da presente dissertação de mestrado.

Aos meus pais Joaquim e Elísia, por acreditarem em mim e nos meus objetivos e por me incentivarem a seguir em frente mesmo nos momentos onde a motivação e a vontade eram mais escassas.

Ao meu irmão Tiago, pelo apoio, compreensão e incentivo peculiar e permanente durante os meus anos de cadete de Marinha, assim como, na realização da dissertação de mestrado.

À minha namorada Joana, pela demonstração de orgulho e pelas palavras de carinho e de força, que me ajudaram a insistir nos meus objetivos, especialmente nos momentos de maior desmotivação onde o cansaço se manifestava de forma mais intensa.

Ao camarada de curso Fonseca Pereira, pelo constante apoio e companheirismo demonstrados ao longo dos anos de curso. Um amigo e um dos meus maiores pilares de apoio, cuja memória ficará presente no meu coração.

A todos, o meu muito obrigado.

Resumo

A Marinha não possui meios financeiros próprios e depende de fontes de financiamento público que sejam suficientes para colmatar as despesas efetuadas. O financiamento público tem de ser usado para colmatar necessidades públicas, tornando-se importantíssimo conseguir identificar pontos onde melhorar a utilização de recursos. De forma a obter melhores resultados com menor ou igual custo é necessário aplicar métodos de avaliação de desempenho no uso dos recursos públicos.

O objetivo desta dissertação de mestrado é medir a eficiência da gestão de manutenção das viaturas atribuídas a Comandantes, Diretores, Chefes e ao Protocolo da Marinha, designadas por viaturas de Tipo-D. A abordagem seguida neste estudo tem por base o método da Análise Envoltória de Dados juntamente com a Análise Exploratória de Dados. Os problemas de avaliação de desempenho nas Forças Armadas Nacionais têm vindo a ser abordados ao longo dos tempos através das mais diversas técnicas de gestão, mas curiosamente, nunca usando a Análise Envoltória de Dados, que já por diversas vezes foi implementada a nível internacional e comprovada como uma mais valia para organizações públicas e privadas.

Desta forma investigou-se os recursos usados (*inputs*) na manutenção dos veículos e os resultados (*outputs*) obtidos com a sua utilização. Os resultados demonstram que a frota automóvel da marinha está envelhecida, que os custos de manutenção têm vindo a aumentar nos últimos anos e que a manutenção na Marinha opera em baixa escala. Fatores como a idade, marca e acidentes influenciam a eficiência da manutenção. Adicionalmente a manutenção em oficina interna apresenta melhores eficiências, no entanto, os contratos de locação financeira também atingem boas eficiências.

Os resultados sugerem que a Marinha tem de assegurar a modernização e renovação da sua frota automóvel e por outro lado decidir pela aposta na capacidade interna de gestão da manutenção ou pela mudança para contratos de locação, permitindo a libertação de recursos para as competências essenciais da Marinha.

Palavras-chave: Avaliação de Desempenho, Análise Envoltória de Dados, Análise Exploratória de Dados, Manutenção, Eficiência, Eficácia.

Abstract

The Navy doesn't have its own financial means and depends on public funding sources to cover the expenses incurred. Public funding must be used to meet public needs, making it important to identify points where to improve the use of resources. In order to obtain better results at less or equal cost, it is necessary to apply performance evaluation methods in the usage of public resources.

The scope of this master's thesis is to assess the maintenance management operations efficiency of vehicles assigned to Commanders, Directors, Chiefs and the Navy Protocol, designated by Type-D vehicles. The approach followed in this study is based on the Data Envelopment Analysis method together with Exploratory Data Analysis. The problems of performance evaluation in the Portuguese Armed Forces have been approached multiple times through the most diverse management techniques, but interestingly, never using Data Envelopment Analysis, which has already been implemented internationally on several occasions and proven as an asset for public and private organizations.

With that in mind, the resources used (inputs) on vehicle maintenance and the results (outputs) obtained by their use were investigated. The results show that the navy car fleet is aged, that maintenance costs have been increasing in recent years and that maintenance in the Navy operates on a small scale. Factors such as age, brand and accidents influence maintenance efficiency. In addition, a comparison between in-house maintenance and leasing contracts revealed that in-house maintenance has better efficiencies, however, leasing contracts also achieve considerably good efficiencies.

The results suggest that the Navy has to ensure the modernization and renewal of its automobile fleet and, on the other hand, decide to invest in internal maintenance management capacity or to switch to leasing contracts, allowing the release of resources for the essential competences of the Navy .

Keywords: *Performance Evaluation, Data Envelopment Analysis, Exploratory Data Analysis, Maintenance, Efficiency, Effectiveness.*

Índice

Epígrafe	v
Dedicatória	vi
Agradecimentos.....	vii
Resumo.....	ix
<i>Abstract</i>	x
Índice.....	xi
Índice de figuras	xiv
Índice de tabelas	xv
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	xvii
Introdução.....	1
Enquadramento	1
Definição do Problema	2
Objetivo e Questões de Investigação	3
Metodologia de Investigação	4
Estrutura.....	6
1. Revisão da Literatura	10
1.1. Metodologia de pesquisa.....	10
1.2. Avaliação de Desempenho	14
1.2.1. <i>Balanced Scorecard</i>	16
1.2.2. Análise Hierárquica de Processos	18
1.2.3. Análise de Eficiências Parciais.....	19
1.2.4. Análise de Eficiência de Fator Total	20
1.2.5. Análise de Regressão	21
1.2.5.1. <i>Stochastic Frontier Analysis</i>	22
1.2.5.2. <i>Data Envelopment Analysis</i>	23
1.3. Escolha do método para avaliação de desempenho na manutenção.....	25
1.4. Análise Envoltória de Dados – Vantagens e Desvantagens	26
1.5. Utilização da DEA em estudos com relevância militar.....	29
2. Caracterização do Domínio do Problema	32
2.1. Manutenção	32
2.2. Avaliação de desempenho na manutenção	35

2.3.	Indicadores Chave de Desempenho na manutenção	37
2.4.	Gestão da manutenção na Marinha	39
2.4.1.	Objetivo e estratégia da manutenção na Marinha.....	39
2.4.2.	Sistema de gestão da manutenção na Marinha.....	42
2.4.3.	Mapeamento do processo de manutenção na Marinha.....	45
3.	Análise do Atual Modelo de Gestão da Manutenção.....	48
3.1.	Extração, Transformação e Carregamento de Dados	48
3.2.	Dados das viaturas de Tipo-D – Processo ETL.....	49
3.3.	Análise Exploratória de Dados.....	51
3.3.1.	Caracterização do parque automóvel de Tipo-D da Marinha.....	52
3.3.2.	Caracterização da gestão de manutenção	54
3.3.3.	Caracterização da manutenção por subgrupo de intervenção.....	59
3.3.3.1.	Subgrupo INOP	62
4.	Aplicação do Modelo DEA à Gestão da Manutenção da Marinha	66
4.1.	Aplicação do método DEA à gestão da manutenção da Marinha	66
4.1.1.	Escolha do <i>Software</i>	66
4.1.2.	Consideração das Variáveis.....	67
4.1.2.1.	Variáveis de <i>input</i>	67
4.1.2.2.	Variáveis de <i>output</i>	67
4.1.2.3.	Marcas e modelos de veículos.....	68
4.1.3.	Amostra	69
4.1.4.	Seleção das Variáveis.....	70
4.1.5.	Análise Envoltória dos Dados	72
4.1.6.	Resultados ao longo dos cinco anos	73
4.1.6.1.	Análise dos resultados obtidos com o modelo CCR	75
4.1.6.2.	Análise dos resultados obtidos com o modelo BCC	75
4.1.6.3.	Potencial de redução de <i>input</i>	76
4.1.6.4.	DMUs de referência	77
4.1.6.5.	Resultados individuais.....	78
4.1.6.6.	Projeção objetivo.....	80
4.2.	Análise complementar por veículo.....	81
4.2.1.	Análise dos resultados obtidos com o modelo CCR	83
4.2.2.	Análise dos resultados obtidos com o modelo BCC	83
4.2.3.	DMUs de referência	84
5.	Avaliação e Proposta de Novo Modelo de Gestão da Manutenção	88

5.1.	Conclusões retiradas da análise	88
5.2.	Estado do parque automóvel da Marinha	90
5.3.	Proposta de um novo modelo de gestão da manutenção	91
5.3.1.	Enquadramento na Diretiva Estratégica da Marinha.....	92
5.3.2.	Formular a Estratégica da Manutenção	92
5.3.3.	Encontrar Indicadores de Desempenho	93
5.3.4.	Aplicar o <i>Balanced Scorecard</i>	94
5.3.5.	Modificar processos e implementar um sistema de gestão da manutenção (SIGDN) 94	
5.3.6.	Monitorizar os resultados	98
5.4.	Validação do modelo proposto.....	99
	Conclusões e Recomendações	103
	Bibliografia.....	105
	Apêndices	110
	Anexos.....	141

Índice de figuras

Figura 1 – Quadro de referência para análise do estudo de caso. Extraído de (Oliveira et al. 2010).....	5
Figura 2 - Estrutura da dissertação. De acordo com (OMG, 2011) (Apêndice A).....	7
Figura 3 - Revisão Sistemática da Literatura. Adaptado de (Kitchenham, 2007).....	10
Figura 4 - Estratégia de Pesquisa.....	12
Figura 5 - Processo de seleção de artigos para a Revisão Sistemática da Literatura.	12
Figura 6 - Aplicação do Modelo DEA num processo com dois inputs e um output, extraído de (Ozbek & Triantis, 2012).....	27
Figura 7 - Tipos de Manutenção.....	33
Figura 8 - Estrutura orgânica da DT. Extraído de intranet.marinha.pt a 23 de abril de 2020.	41
Figura 9 - Mapeamento do Processo de manutenção na Marinha.	45
Figura 10 - Extração, transformação e carregamento de dados.....	50
Figura 11 - Fluxo do processo de Extração de Conhecimento a Partir dos Dados.....	51
Figura 12 - N° de viaturas por marca.....	52
Figura 13 - N° de Viaturas por marca e modelo.	53
Figura 14 – Ano de aquisição de viaturas em serviço.	54
Figura 15 - N° de viaturas por tipo de combustível.	54
Figura 16 - Custos totais reais de manutenção.	55
Figura 17 - Custo médio de manutenção por km percorrido.	56
Figura 18 - N° de manutenções entre 2015 a 2020 por Anos de Vida Útil.	57
Figura 19 - Custo médio de manutenção por anos de vida útil.	58
Figura 20 - Distância média percorrida por anos de vida útil.	59
Figura 21- Indicadores de manutenção por subgrupo de intervenção.	61
Figura 22 - Indicadores de manutenção no subgrupo INOP.	63

Figura 23 - Modelo do processo da operação de manutenção na DT.....	70
Figura 24 - Proposta de um modelo de gestão da manutenção.	91
Figura 25 - Proposta de alteração ao processo de manutenção na Marinha	97
Figura 26 - Exemplo de uma monitorização de resultados. Extraído de (Visser & Pretorius, 2012).....	98
Figura 27 - Elementos básicos de um Diagrama de Processos de Negócios.....	111
Figura 28- Manutenção por Nível de Intervenção e por Ano.....	143
Figura 29 - Manutenção por Viatura.	143
Figura 30 - Manutenção por Viatura e por Ano.	143
Figura 31 - Manutenção por Viatura e por Nível de Intervenção.....	144
Figura 32 - Número de Viaturas por Marca e Modelo.	144
Figura 33 - Número de Viaturas por Ano de Aquisição.....	144
Figura 34 - Número de Viaturas por Tipo de Combustível.....	144
Figura 35 - Número de Viaturas por Marca.	145

Índice de tabelas

Tabela 1 - Questões de pesquisa para a Revisão Sistemática da Literatura.	11
Tabela 2 - Métodos usados na avaliação de desempenho.	15
Tabela 3 - Classificação do método Balanced Scorecard.....	17
Tabela 4 - Classificação do método Análise Hierárquica de Processos.....	18
Tabela 5 - Classificação do método Análise de Eficiências Parciais.	20
Tabela 6 - Classificação do método Análise de Eficiência de Fator Total.....	21
Tabela 7 - Classificação do método Stochastic Frontier Analysis.	23
Tabela 8 - Classificação do método Análise Envolvente de Dados.....	24
Tabela 9 - Classificação obtida por cada metodologia.	25
Tabela 10 - Indicadores de desempenho da manutenção, adaptado de (Coetzee, 1998). 37	

Tabela 11 - Viaturas que consomem 80% do orçamento da DT.....	55
Tabela 12 – Correlação de Pearson entre variáveis.....	71
Tabela 13 - Dados em estudo.	74
Tabela 14 - Valores de eficiência.	74
Tabela 15 - Potencial de redução radial de input.....	77
Tabela 16 - DMUs de referência.	78
Tabela 17 - Resultados da DMU OE INOP A (7).	79
Tabela 18 - Projeção objetivo.....	80
Tabela 19 - Valores de eficiência, análise complementar por matrícula.....	82
Tabela 20 - DMUs de referência (análise complementar).....	84
Tabela 21 - Dados de entradas das DMUs referência.	85
Tabela 22 - Viaturas acidentadas.....	86
Tabela 23- Aplicação da DEA ao modelo proposto.....	99
Tabela 24 - Tipo de Estudo de caso segundo (Yin, 1993). Extraído de (Meirinhos, 2010).	114
Tabela 25 - Subgrupos de intervenção.	116
Tabela 26 - Compilação dos dados recolhidos por DMU (período de 2015 a 2020). ...	117
Tabela 27 - Dados do estudo complementar.	123
Tabela 28 - Indicadores de Desempenho da NP EN 15341:2019.	142
Tabela 29 - Modelo DEA-CCR, extraído de (Dourado, 2009).	146
Tabela 30 - Modelo DEA-BCC, extraído de (Dourado, 2009).	147

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

AED – Análise Exploratória de Dados

BCC - Banker, Charnes e Cooper

BPMN - *Business Process Model and Notation* (Notação de Modelagem de Processos de Negócio)

BSC – *Balanced Scorecard*

CCR - Charnes, Cooper e Rhodes

CEN - Comissão Europeia para Normalização

CPA - Código do Procedimento Administrativo

DEA - *Data Envelopment Analysis* (Análise Envoltória de Dados)

DEM - Diretiva Estratégica da Marinha

DMU - *Decision Making Unit*

DPN - Diagramas de Processos de Negócio

DSM – Diretiva Setorial do Material

DT - Direção de Transportes

EE - Eficiência de Escala

EMA - Estado Maior da Armada

ETL - *Extract-Transformation-Loading* (Extração, Transformação e Carregamento)

FMI - Fundo Monetário Internacional

ISO - *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

KPI - *Key Performance Indicators* (Indicadores Chave de Desempenho)

LOMAR - Lei Orgânica da Marinha

OE - Oficina Externa

OI - Oficina Interna

QD - Questão Derivada

QP - Questão Principal

RSL - Revisão Sistemática da Literatura

SFA - *Stochastic Frontier Analysis*

SIGDN - Sistema Integrado de Gestão da Defesa Nacional

SM - Superintendência do Material

SQL - *Structured Query Language*

Introdução

A presente introdução é constituída por cinco seções. A primeira seção enquadra o leitor no tema abordado, discriminando as áreas científicas inerentes a este trabalho. A segunda seção define o problema em estudo e o propósito desta dissertação. Na terceira seção são enunciados os objetivos da dissertação e as questões de investigação levantadas durante a abordagem do tema. Na quarta seção consta a metodologia de investigação escolhida e as atividades a desenvolver para a concretização dos objetivos estabelecidos. Por fim, na quinta e última seção faz-se a descrição do conteúdo dos vários capítulos da dissertação e a representação da sua estrutura.

Enquadramento

Portugal é um país virado para o Oceano Atlântico que desde a epopeia dos Descobrimentos Marítimos no século XIV “deu novos mundos ao mundo”. Não é difícil perceber o porquê da Marinha como instituição de defesa e segurança ser importante para o país. Portugal apresenta uma zona marítima exclusiva cerca de 20 vezes superior à do território continental. Alguns estudos, apontam que mais de 90% do transporte de mercadorias é realizado por mar e que a costa portuguesa é atrativa para 90% dos turistas estrangeiros, sendo atribuído ao turismo um peso de 13.7% do Produto Interno Bruto (PIB) português (Secretaria de Estado do Turismo, 2018). No entanto, o domínio marítimo é de igual forma, um meio que tem muitas e complexas ameaças como crime organizado, pirataria, assaltos de elevado uso de violência armada, terrorismo, tráfico de seres humanos e droga. Manter o espaço marítimo livre e seguro é a base de uma economia nacional saudável (Hijmans, 2018).

A Marinha está na dependência direta do Ministério da Defesa Nacional (LOMAR, 2014) e tem como missão “Contribuir para que Portugal use o mar” (DEM, 2018). Neste contexto, a atuação da Marinha assenta num conjunto diversificado de tarefas, tais como, funções de dissuasão, defesa militar, apoio à política externa, autoridade do estado no mar, desenvolvimento económico, científico e cultural. A Marinha insere-se na organização administrativa do Estado, no conjunto de instituições com autonomia administrativa (LOMAR, 2014), não possuindo, por isso, fontes de financiamento autónomas que sejam suficientes para colmatar as despesas efetuadas. A

principal fonte de recursos financeiros são as dotações orçamentais provenientes do Orçamento de Estado. Assim, segundo o artigo 4º do Código do Procedimento Administrativo (CPA), é necessária uma gestão dos recursos de forma o mais eficiente, eficaz e económica possível, no sentido da realização do interesse público (CPA, 1991).

Para uma eficiente gestão de recursos é necessário implementar fortes sistemas logísticos. O transporte é considerado o elemento mais importante em termos de custos logísticos para inúmeras instituições e a logística deverá focar-se nas instalações, serviços e desempenho do mesmo. De acordo com o Fundo Monetário Internacional (FMI) os custos logísticos representam cerca de 12% do PIB mundial e para uma instituição os custos logísticos variam entre 4% a 30% do seu negócio principal.

Na Marinha, a função transporte é controlada internamente em alternativa à terceirização, permitindo maior independência. Existe um esforço financeiro dedicado a esta área para investimento em capacidade própria e manutenção. Entre as necessidades particulares da Marinha destacam-se:

- Entregas rápidas e de grande confiabilidade;
- Equipamentos especiais e raros no mercado;
- Manuseamento especializado de carga;
- Serviço disponível 24 horas por dia, 365 dias do ano.

A Direção de Transportes é a entidade responsável pela gestão da frota automóvel da Marinha. Tem a competência da gestão operacional dos meios de transporte terrestres e marítimos que lhe estão afetos, garantindo os serviços definidos de forma eficiente e eficaz (OMAR, 2015).

Definição do Problema

O constante avanço da indústria automóvel, o ciclo de vida dos produtos (automóveis) cada vez mais curtos e a competitividade entre empresas, requer uma procura constante de novas ferramentas de melhoria na gestão oficial. Aliado a esta componente, ao longo dos últimos anos ocorreram grandes restrições a nível orçamental na grande maioria das organizações. Tal facto, fez com que as mesmas passassem a ter grandes preocupações ao nível da redução de custos e por conseguinte a necessidade de desenvolverem ferramentas que as ajudem na gestão e otimização dos mesmos.

Assim, a manutenção dos veículos da Marinha procura uma melhoria da gestão, apoiada pelas boas práticas internacionais e já comprovada em setores públicos de vários países, incluindo as forças armadas. A aplicação de metodologias para melhoria da eficiência é uma forma de permitir às entidades públicas otimizar os recursos. Com esta técnica pretende-se que seja possível auxiliar os gestores da Direção de Transportes a tomar decisões apoiadas em dados mensuráveis e confiáveis, mais fáceis de compreender e analisar.

Objetivo e Questões de Investigação

O principal objetivo da presente dissertação é propor um processo para definição e controlo da eficácia e eficiência na manutenção da frota automóvel administrativa de Tipo-D da Marinha. Com o processo definido, pretende-se apresentar propostas de melhoria na realização da manutenção da frota automóvel. Como objetivo secundário da dissertação, pretende-se efetuar o levantamento de métodos de avaliação de desempenho, utilizados na gestão de manutenção.

A questão de investigação principal (QP) que irá determinar o rumo da presente dissertação será a seguinte:

Como é possível definir um processo eficaz e eficiente para a manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha?

Para obtenção da resposta à questão proposta, foram formuladas diferentes questões derivadas (QD):

- QD1: Como é possível uma maior eficácia no processo de manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha?
- QD2: Como é possível uma maior eficiência no processo de manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha?
- QD3: Como é possível a otimização do processo de manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha?

As respostas a estas questões derivadas contribuirão para verificar se foi obtida resposta à questão de investigação principal.

Metodologia de Investigação

Para a produção de conhecimento em problemas de investigação é essencial considerar-se desde logo, qual a forma como vamos investigar, ou seja, qual a abordagem metodológica a ser usada. A escolha da metodologia para uma investigação é guiada por critérios que se adequam aos objetivos e propósitos da investigação, assim como, à natureza e formulação do problema, à sua questão central e às suas questões derivadas. Esta escolha resulta então da formulação do problema e da especificação dos objetivos.

Um dos métodos usados em investigação, nomeadamente em trabalhos de domínio académico, é o estudo de caso. O estudo de caso corresponde a uma análise sistemática de uma situação com o objetivo de encontrar soluções e resolver um problema (Matos & Pedro, 2011). Este método, adquire maior força na investigação por via de diversos autores como Merriam (1988), Yin (1993 e 2005), Stake (1999). Tal como afirmado por Yin (1993), faz sentido usar este método apoiado num problema iniciado com as questões de “porquê” e “como” e apoiando a investigação com um devido enquadramento teórico de forma a atingir os objetivos propostos. Uma explicação mais aprofundada e realizada pelo autor da dissertação sobre o estudo de caso como método de investigação encontra-se em Apêndice B.

De uma forma estrutural, pode ser apresentado o seguinte quadro de referência da Figura 1, que explica como vai ser desenvolvido o presente estudo de caso e as considerações mais importantes em cada um dos passos a serem realizados.

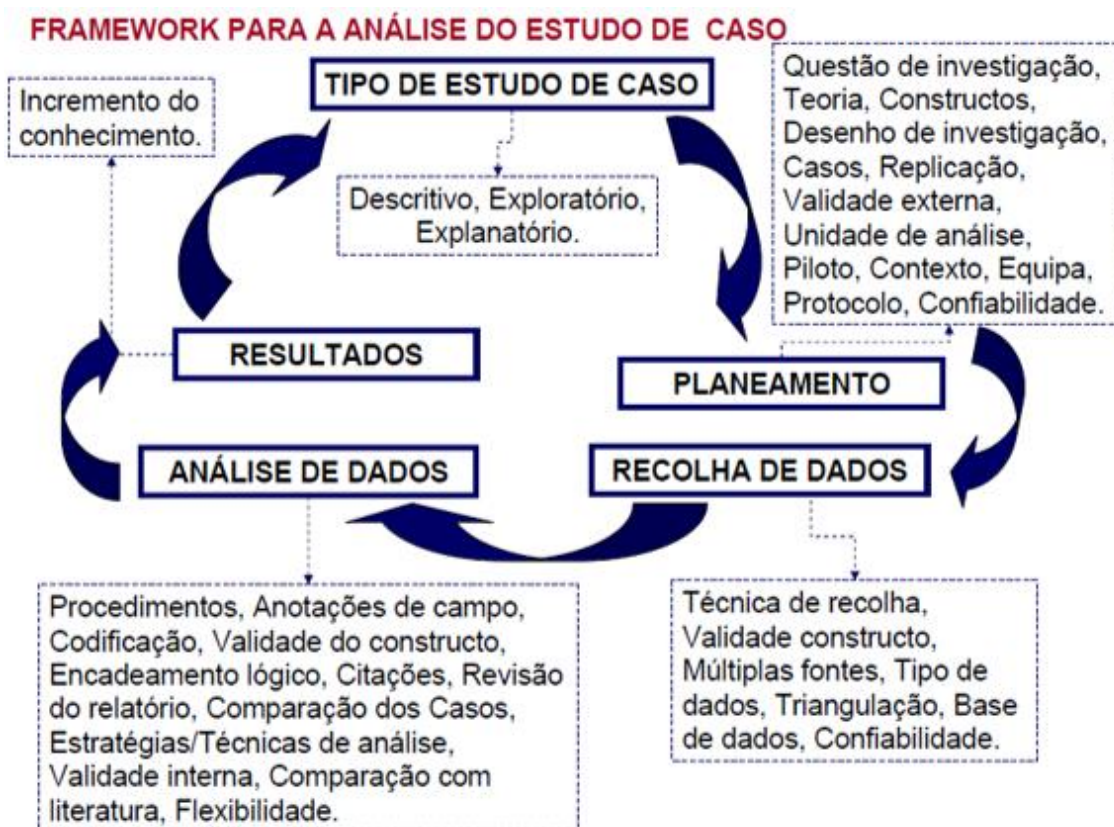


Figura 1 – Quadro de referência para análise do estudo de caso. Extraído de (Oliveira et al. 2010).

Tal como referido, o objetivo desta dissertação é medir a eficiência do processo de gestão de operações de manutenção das viaturas atribuídas a Comandantes, Diretores, Chefes e ao Protocolo da Marinha, designadas por viaturas de Tipo-D. Trata-se assim, de um estudo de caso do tipo explicativo único (explanatório), centrado nas relações causais do custo/benefício no fenómeno da manutenção na Direção de Transportes.

Procura-se com este estudo de caso, avaliar o impacto dos *inputs* na manutenção e explicar as eficiências relativas deste processo e formas de melhoria do mesmo. A avaliação é resultante da relação causa-efeito entre o *input* usado e o *output* obtido, que pode ser comprovada com técnicas de análise de eficiência.

O planeamento do estudo de caso engloba o levantamento das questões de investigação, a teoria e o desenho de investigação (que já foram abordadas no início desta seção) através da definição do problema, dos objetivos e questões de investigação. As teorias inerentes à avaliação de desempenho na manutenção serão abordadas no Capítulo 1 (Estado da Arte). As teorias da manutenção, a situação específica da Marinha (unidade de análise) e os procedimentos realizados pela Direção de Transportes serão desenvolvidos no Capítulo 2. Este planeamento tem em conta o contexto real em que se

trabalha, neste caso, a Marinha, pretendendo-se que seja generalizado e replicado a outros processos de manutenção de viaturas no seio de instituições da Defesa Nacional.

O próximo passo do estudo de caso centrar-se-á na recolha de dados. Atualmente, umas das formas de recolha de dados, são o recurso aos registos eletrónicos das organizações residentes nas bases de dados. A utilização deste tipo de dados é aliada a métodos da ciência dos dados. A Marinha usa como base de dados o Sistema Integrado de Gestão da Defesa Nacional (SIGDN). Os dados do presente estudo de caso foram recolhidos através desta plataforma com o apoio da Direção de Transportes.

O terceiro passo do estudo de caso é a análise dos dados através da utilização de uma técnica de análise de desempenho de processos e de ciência dos dados. A técnica a ser proposta usar será escolhida no capítulo do Estado da Arte, depois de um processo de revisão sistemática da literatura. De lembrar que este estudo de caso apresenta uma estratégia mista quantitativa e qualitativa, ou seja, para além da análise dos dados quantitativos existirá uma constante interpretação dos processos realizados pela Direção de Transportes. A reformulação e modificação dos resultados do estudo de caso resultará da necessidade de reformular o processo proposto até se obter a sua otimização.

Por fim, os resultados obtidos serão interpretados à luz do contexto estudado e serão propostas melhorias de atuação nos procedimentos atuais de manutenção. O resultado do estudo de caso, pretende melhorar o conhecimento da organização na gestão de transportes.

Estrutura

A presente dissertação é constituída por sete partes, conforme a Figura 2. A **Introdução** apresenta um breve enquadramento, definição do problema em estudo, objetivos e questões de investigação, metodologia de investigação e estrutura da dissertação. De seguida, o **Capítulo 1 – Revisão da Literatura**, retrata o processo de revisão da literatura, levantamento e análise do estado da arte, e por fim, escolha da metodologia a ser usada na avaliação da manutenção. O **Capítulo 2 - Caracterização do Domínio do Problema**, aborda os conceitos atuais do processo de manutenção, tal como, as atuais operações de gestão de manutenção realizadas pela Direção de Transportes. O **Capítulo 3 – Análise do Atual Modelo de Gestão da Manutenção**, descreve os diversos passos efetuados para a extração e consolidação da informação

relevante das bases de dados da organização. Além disso, analisa o estado atual do parque automóvel e da manutenção na Marinha. O **Capítulo 4 – Aplicação do Método DEA à Gestão da Manutenção da Marinha**, desenvolve a análise e visualização dos dados do atual processo de gestão da manutenção de viaturas, de forma a detetar ineficiências. Realiza também uma análise complementar por viatura. O **Capítulo 5 – Avaliação e Proposta de Novo Modelo de Gestão da Manutenção**, apresenta um modelo adequado à gestão da manutenção da Marinha, tendo em conta a análise dos dados recolhidos. Valida o modelo proposto através da análise dos resultados obtidos e da resposta às questões de investigação com propostas de melhoria. Por fim, seguem-se as **Conclusões e Recomendações**, com base nos resultados obtidos.

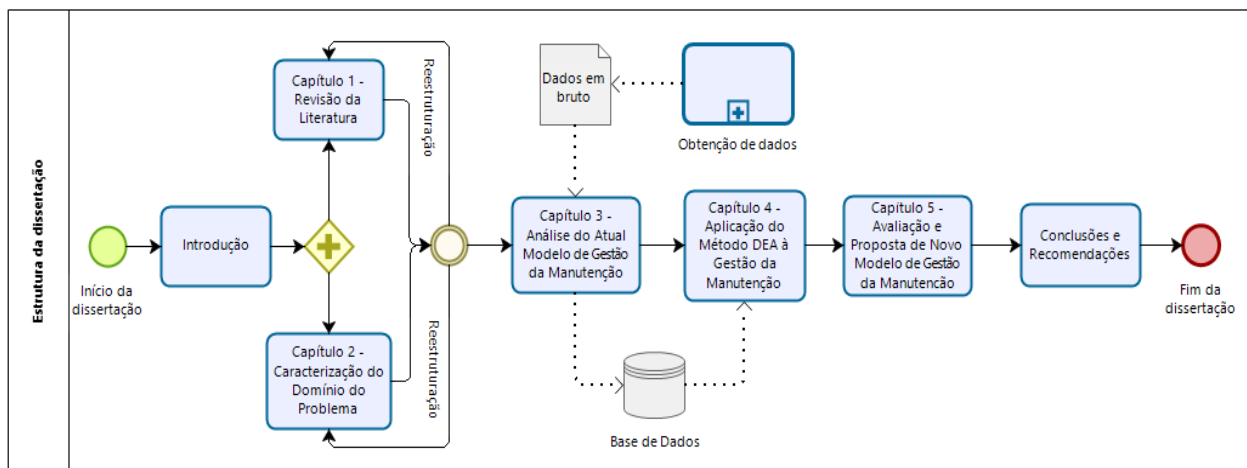


Figura 2 - Estrutura da dissertação. De acordo com (OMG, 2011) (Apêndice A).

CAPÍTULO 1

Revisão da Literatura

- 1.1 Metodologia de pesquisa
- 1.2 Avaliação de Desempenho
- 1.3 Escolha do método para avaliação de desempenho na manutenção
- 1.4 Análise Envoltória de Dados – Vantagens e Desvantagens
- 1.5 Utilização da DEA em estudos com relevância militar

1. Revisão da Literatura

O presente capítulo é constituído por cinco seções. A primeira seção apresenta a metodologia usada para a revisão da literatura. A segunda seção aborda e avalia os vários métodos usados na avaliação de desempenho. Na terceira seção são classificados os métodos abordados e escolhido o que melhor se enquadra no presente estudo. Na quarta seção consta o método escolhido e as vantagens e desvantagens da sua aplicação. Por fim, a quinta e última seção apresenta vários estudos com relevância militar em que foi usada a metodologia escolhida.

1.1. Metodologia de pesquisa

O processo de revisão da literatura através do uso de metodologias de pesquisa específicas é essencial no planeamento, análise e documentação de uma dissertação. A qualidade da pesquisa realizada está diretamente associada à qualidade da investigação e do trabalho apresentado. Assim, o objetivo de realizar uma revisão da literatura é de “(..) aumentar a qualidade de um produto (estudo) e ao mesmo tempo diminuir o tempo necessário e os custos de produção.” (Unterkalmsteiner et al., 2012).

Para a realização desta dissertação é usado como metodologia de pesquisa a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), apresentada por Kitchenham em 2007. A Figura 3 demonstra de uma forma sucinta a metodologia de RSL.

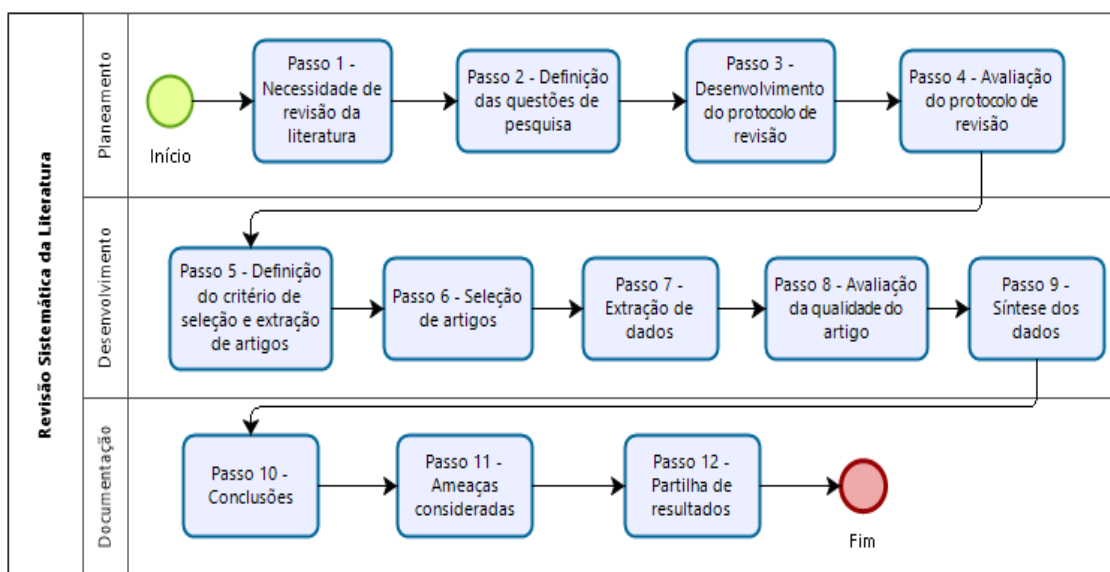


Figura 3 - Revisão Sistemática da Literatura. Adaptado de (Kitchenham, 2007).

O início da revisão da literatura dá-se com o planeamento. A necessidade de revisão da literatura (passo 1) é derivada do problema em estudo, abordado na Introdução da dissertação. A definição de questões de pesquisa (passo 2) é derivada das questões de estudo, ou seja, as questões de pesquisa têm o objetivo de encontrar artigos, estudos, métodos, entre outros, que consigam auxiliar na resposta às questões da dissertação. Assim, a seguinte Tabela 1, apresenta um conjunto de questões que orientaram a extração de conteúdos dos artigos selecionados (Passo7).

O desenvolvimento e avaliação do protocolo de revisão (passo 3 e 4) foram realizados com base nas referências bibliográficas de RSL consultadas.

Tabela 1 - Questões de pesquisa para a Revisão Sistemática da Literatura.

	Questão	Objetivo
Questão de Pesquisa 1	Como medir a eficácia do processo de manutenção?	Identificar metodologias e estratégias usadas, assim como a forma como são aplicadas.
Questão de Pesquisa 2	Como medir a eficiência do processo de manutenção automóvel?	Determinar os recursos usados na manutenção e o retorno obtido.
Questão de Pesquisa 3	Como otimizar o processo de manutenção automóvel da Marinha?	Determinar o desenho do processo de manutenção automóvel e a alocação de recursos.

De seguida, já na fase de desenvolvimento, foi definido um critério de seleção e extração de artigos (passo 5). Como critério de seleção usou-se a leitura do título, resumo e, se necessário, a introdução e conclusão do artigo.

Através dos artigos pré-selecionados para o planeamento da dissertação e das questões de pesquisa, foram escolhidas as palavras-chave que melhor se enquadram com o objeto em estudo. Usando o processo descrito na Figura 4 foi realizada uma seleção inicial de artigos científicos. Não foi necessário a redefinição de palavras-chave, pois os artigos obtidos coincidiam em mais de 90% com as palavras-chave e as citações pré-estudadas.

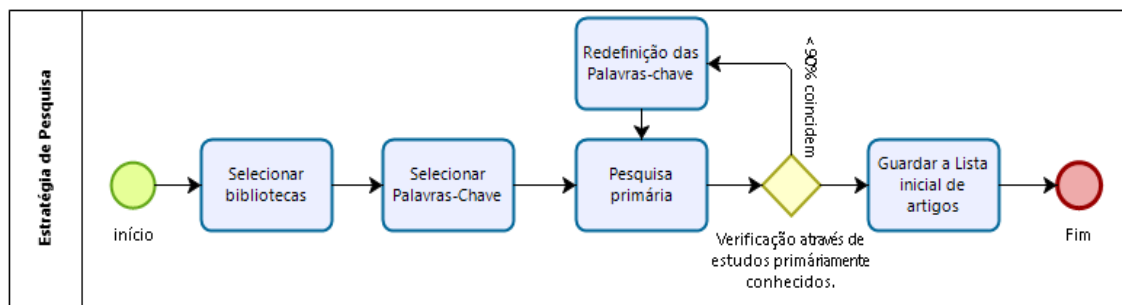


Figura 4 - Estratégia de Pesquisa.

De forma a verificar a existência de trabalhos similares, usou-se as bibliotecas digitais do *Google Académico* e *Microsoft Académico*. Para a pesquisa de trabalhos, artigos e resumos foram usadas as seguintes palavras-chave: “*Data Envelopment Analysis*”; “*Performance Measurement*”; “*Performance Evaluation*”; “*Maintenance*”.

Os trabalhos selecionados tinham de conter pelo menos as palavras-chave “*Performance Evaluation*” e “*Maintenance*” e encontrar-se entre os 150 artigos considerados como mais relevantes por cada biblioteca digital. O critério de inclusão era a apresentação e análise de dados segundo um modelo de análise de eficiência, portanto, respondendo às questões de pesquisa. Tanto os estudos realizados pela indústria ou por ensino académico foram incluídos. Foram excluídas apresentações, posters e textos que não fossem em Inglês ou Português.

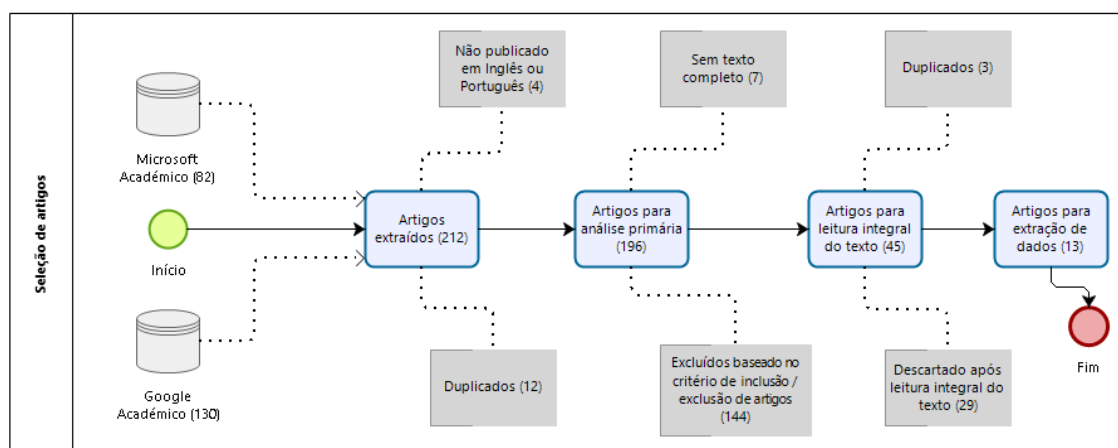


Figura 5 - Processo de seleção de artigos para a Revisão Sistemática da Literatura.

A Figura 5, mostra em detalhe quais as bibliotecas usadas e o respetivo número de artigos selecionados, assim como, a forma como os artigos foram reduzidos até à obtenção da lista final de artigos (passo 6). Como podemos verificar dos 212 artigos

obtidos da pesquisa, primeiramente descartou-se os duplicados e os estudos não publicados em Inglês ou Português. Depois de aplicar o critério de inclusão / exclusão concluiu-se que apenas 45 eram relevantes para leitura. Estes artigos foram praticamente lidos na sua totalidade e após a filtragem dos considerados irrelevantes ou duplicados, ficou-se com 13 artigos para extração de dados.

Com os 13 artigos finais realizou-se a extração dos dados (passo 7) tendo em conta as questões de pesquisa e a resposta que cada artigo fornecia a cada uma delas. Foi realizada uma segunda leitura onde efetuei uma síntese dos dados extraídos (passo 9) e retirei as devidas conclusões (passo 10). A avaliação da qualidade dos artigos (passo 8) pode ser usada para orientar a interpretação dos resultados da síntese e determinar a força das conclusões elaboradas (Kitchenham, 2007), no entanto, ainda não existe uma forma de avaliação definida e é difícil de inferir até que ponto os autores foram realmente capazes de abordar as ameaças de validade dos seus estudos. Assim, a avaliação da qualidade do artigo e a consideração das ameaças (passo 11) provêm da interpretação e análise por parte do autor da dissertação. Após a leitura integral, artigos que fossem considerados como duvidosos ou suspeitos devido à não validação das fontes ou métodos, não foram sintetizados.

Por fim, nos seguintes subcapítulos apresenta-se os resultados obtidos (passo 12).

1.2. Avaliação de Desempenho

Neely, Gregory e Platts (1995) apresentam uma revisão de literatura sobre avaliação de desempenho onde abordam três níveis: (1) medidas de desempenho individuais; (2) sistemas de avaliação de desempenho; (3) a relação entre os sistemas de avaliação de desempenho e o seu ambiente. Este estudo afirma que as medidas de avaliação de desempenho podem ser classificadas de acordo com várias perspectivas, nomeadamente, medidas financeiras ou não financeiras, medidas de resultados ou de processos e medidas internas ou externas. A avaliação de desempenho depende do suporte da estrutura organizacional e não deve ser apenas considerada como um meio para fornecer informação para o controlo e tomada de decisão, mas sim, também servir como uma ferramenta motivacional que conduz a ações e decisões em consistência com a estratégia adotada. A organização avaliada deve ser entendida como um sistema aberto de interação contínua com o meio ambiente. Quando esse ambiente é turbulento os projetos da organização devem mudar e adaptar-se da melhor forma à incerteza do meio.

Uma medida de eficiência normalmente usada no dia-a-dia é:

$$Eficiência = \frac{Output}{Input}. \quad (1)$$

Esta medida é por diversas vezes inadequada, devido à existência de diversos *inputs* e *outputs* em processos mais complexos, por isso, muitos outros métodos de avaliação de desempenho foram desenvolvidos ao longo do tempo. Apesar de existirem diversos métodos para avaliação de desempenho, não existem regras específicas sobre qual a técnica a ser usada. Cada uma das técnicas, deve ser usada consoante as suas vantagens e desvantagens em relação ao assunto em estudo e ao objetivo do mesmo. Vários autores partilham dos seguintes princípios para a implementação de um método (Anjomshoe, Hassan & Wong, 2019):

1. Escolha de um método adequado à estratégia da organização;
2. O método deve ser amigável ao utilizador, ou seja, simples e fácil de usar;
3. Uso de medidas de desempenho múltiplas (internas, externas, financeiras, não financeiras, entre outras);
4. Os trabalhadores devem estar motivados e envolvidos na formulação da estratégia e na identificação das medidas de desempenho;
5. Os contributos da avaliação devem ser periodicamente revistos para permitir mudanças e melhorias.

As organizações costumam confiar na análise interna para obter potenciais indicadores de desempenho, porém, pode causar problemas indesejados como a redundância e seleção incorreta. Estes problemas, levam ao desperdício de recursos e a conclusões para melhoria do desempenho errôneas.

A seguinte Tabela 2, apresenta um sumário do estado da arte, com cinco métodos usados em estudos de avaliação de desempenho em processos com diversos *inputs* e *outputs*.

Tabela 2 - Métodos usados na avaliação de desempenho.

Método	Descrição	Estudos em avaliação de desempenho
<i>Balanced Scorecard</i>	Abordagem holística mista que avalia o desempenho de uma organização através das perspectivas: financeira, cliente, processos de negócio e aprendizagem e inovação.	(Kaplan & Norton, 1992)
Análise Hierárquica de Processos	Abordagem analítica que estrutura hierarquicamente um problema de decisão e classifica as decisões alternativas em comparações pareadas.	(Saaty, 1988)
Análise de Eficiências Parciais	Abordagem matemática que calcula rácios de eficiência de forma singular e individual para cada <i>input</i> e <i>output</i> relevante.	(Craig & Harris, 1973) (Sexton, 1986)
Análise de Eficiência de Fator Total	Abordagem matemática que calcula a eficiência total de um processo através da agregação de todas as variáveis de <i>input</i> e <i>output</i> .	(Cooper et al., 2007)
Análise de Regressão	Abordagem matemática que visa obter o melhor resultado, ou seja, lucro máximo ou menor custo através da análise de problemas de programação linear.	(Sun, 2004) (Charnes et al., 1985) (Clarke, 1992)

Para se proceder à avaliação de desempenho na manutenção de viaturas da Marinha, torna-se essencial escolher um dos diversos métodos apresentados. Cada técnica apresenta vantagens e desvantagens que devem ser tidas em consideração na dimensão da análise que se pretende realizar. Assim como, cada estudo de avaliação apresenta objetivos específicos e únicos que determinam a escolha por determinado

método em detrimento de outro. Escolher um método apropriado à análise pretendida é uma tarefa complexa, mas imperiosa. De igual forma, considerar a adoção de um método conhecido e amplamente utilizado, garante que os resultados sejam significativos e comparáveis com outros estudos que usam a mesma metodologia (Anjomshoe et al., 2019).

Tendo em consideração os objetivos e questões da presente dissertação é necessário definir quais os critérios que mais importam para a implementação e escolha de um método. Os critérios apresentados estão numerados de acordo com a notação (1 a 8). Nos próximos subcapítulos, esta notação permite identificar a justificação para a respetiva classificação de cada critério.

Dois princípios são desde logo essenciais: (1) o método deve calcular a eficiência geral de um processo e (2) calcular as eficiências parciais do processo. De forma a resolver os problemas da seleção interna dos indicadores de desempenho e dos pesos relativos, (3) o método deve determinar automaticamente quais os pesos relativos de cada *input* e *output*. Também, procurando responder de forma mais completa às questões em estudo, o método deve (4) permitir a adição de medidas de desempenho múltiplas e de variáveis económicas complexas, permitir a otimização do processo de manutenção através da (5) evidência das operações ineficientes e da apresentação das (6) folgas de eficiência. Por fim, o método deve apresentar (7) simplicidade de uso e compreensão de resultados e ser adequado à estratégia da organização, (8) ajudando na tomada de decisão.

Considerando os critérios escolhidos, nos seguintes subcapítulos aborda-se e classifica-se os diferentes métodos apresentados na Tabela 2. O intuito é concluir qual o método que melhor se enquadra com os objetivos do presente estudo.

1.2.1. Balanced Scorecard

Originalmente desenvolvida por Kaplan e Norton (1992) é uma técnica de análise de desempenho amplamente conhecida. Esta técnica foca-se na avaliação do desempenho de uma organização através de quatro perspetivas: financeira; cliente; processos internos de negócio e aprendizagem e inovação. Uma das maiores vantagens é ser um método holístico que permite aos gestores visualizarem simultaneamente a perspetiva operacional e financeira, com base na premissa de que não existem medidas singulares

que se foquem em áreas críticas do negócio ou que consigam avaliar de forma clara os objetivos da empresa. As quatro perspectivas contribuem para a realização dos objetivos estratégicos de longo prazo aliados a decisões de curto-prazo (Kaplan & Norton, 1992). Esta técnica apresenta o desempenho dos processos de forma bastante intuitiva (7 e 2), permite a visualização imediata de variáveis económicas complexas (4) e é de fácil compreensão (7). Uma leitura rápida do *Balanced Scorecard* (BSC) é suficiente para ajudar na tomada de decisão (8). Porém, é uma abordagem que não diferencia a importância de cada *input* ou *output* (3) e não apresenta cálculos matemáticos da eficiência geral de um processo (1). O processo é apenas avaliado em cada uma das perspectivas segundo indicadores de performance parciais (2). Como é um método holístico não permite o cálculo de folgas de eficiência (6). Também, a avaliação das ineficiências depende da interpretação dos gestores (5). Um estudo mais detalhado sobre o método encontra-se em Brown et al. (1994).

Tendo em conta as características apresentadas, a Tabela 3 apresenta a classificação do método para aplicação no presente estudo.

Tabela 3 - Classificação do método *Balanced Scorecard*.

Critérios		Classificação
Calcula a eficiência geral de um processo (1)		☹
Calcula as eficiências parciais do processo (2)		😊
Determina os pesos relativos de cada <i>input</i> e <i>output</i> (3)		☹
É possível adicionar variáveis económicas complexas (economias de escala, tributação, taxas de juros, outros) (4)		😊
Evidencia operações ineficientes (5)		☹
Apresenta o cálculo da folga à melhor eficiência (6)		☹
Fácil compreensão de resultados (7)		😊
Ajuda na tomada de decisão (8)		😊
Legenda:	😊 Satisfaz Bem	😊 Satisfaz
		☹ Não Satisfaz

1.2.2. Análise Hierárquica de Processos

A Análise Hierárquica de Processos foi desenvolvida por Saaty (1988) e é um método analítico que resolve problemas de decisão multicritério. Foi desenvolvido para refletir o modo como as pessoas se comportam e pensam ajudando na descrição da operação de decisão. Este método formula um problema complexo numa estrutura hierárquica multinível e compara os objetivos, critérios e subcritérios de decisão para encontrar a classificação e importância das alternativas do problema. É uma teoria que depende dos valores e escolhas de indivíduos e grupos da organização (3). Esta técnica envolve 7 etapas: decomposição de problemas e construção da hierarquia; decomposição de alternativas; comparação por pares (2); ponderação por cálculo (5); verificação da consistência; síntese hierárquica; determinação de prioridades para todas as alternativas. A maior vantagem deste método é permitir uma decomposição detalhada, estruturada e sistemática da generalidade do problema nos seus componentes e interdependências fundamentais (4), com alto grau de flexibilidade e compreensão (7 e 8). Por outro lado, não permite a visualização geral do processo (1) nem apresenta formas de aproximação dos processos às melhores eficiências (6). Tem sido frequentemente adotado para medir o desempenho de cadeias de abastecimento na sua estratégia, tática e execução.

Tendo em conta as características apresentadas, a Tabela 4 apresenta a classificação do método para aplicação no presente estudo.

Tabela 4 - Classificação do método Análise Hierárquica de Processos.

Critérios		Classificação	
Calcula a eficiência geral de um processo (1)		☹	
Calcula as eficiências parciais do processo (2)		☹	
Determina os pesos relativos de cada <i>input</i> e <i>output</i> (3)		☹	
É possível adicionar variáveis económicas complexas (economias de escala, tributação, taxas de juros, outros) (4)		😊	
Evidencia operações ineficientes (5)		☹	
Apresenta o cálculo da folga à melhor eficiência (6)		☹	
Fácil compreensão de resultados (7)		😊	
Ajuda na tomada de decisão (8)		😊	
Legenda:	😊 Satisfaz Bem	☹ Satisfaz	☹ Não Satisfaz

1.2.3. Análise de Eficiências Parciais

É uma abordagem que requer investigar e calcular rácios usando a equação

$$Eficiência = \frac{Output}{Input}. \quad (1)$$

de forma singular, individual e um de cada vez para cada *input* e *output* relevante (Sexton, 1986). Uma grande desvantagem desta abordagem é o seu potencial para resultar em mal-entendidos sobre a eficiência geral de um processo (1) quando apenas se usa rácios de eficiência parciais (2) (Craig & Harris, 1973). Mesmo que todos os rácios de eficiência parciais do processo fossem estudados, era muito difícil chegar a conclusões definitivas sobre a eficiência geral, especialmente quando esses rácios são usados para comparar eficiências de diferentes unidades. Isto acontece principalmente porque um certo rácio pode sugerir que uma unidade está a desempenhar melhor que outra e outro rácio pode sugerir exatamente o oposto, impedindo os decisores de chegar a conclusões definitivas sobre a eficiência geral das unidades (1 e 8). O poder deste método centra-se no estudo das eficiências parciais com a adição de várias variáveis económicas complexas (2 e 4) e com uma compreensão de resultados básica (7). No entanto, é um método que não evidencia de forma definitiva quais as operações ineficientes (5), não diferencia os pesos de cada *input* ou *output* (3) e não apresenta folgas de eficiência (6). Os rácios são pouco elaborados e levam a uma tomada de decisão pobre (8).

Tendo em conta as características apresentadas, a Tabela 5 apresenta a classificação do método para aplicação no presente estudo.

Tabela 5 - Classificação do método Análise de Eficiências Parciais.

Critérios		Classificação
Calcula a eficiência geral de um processo (1)		☹
Calcula as eficiências parciais do processo (2)		😊
Determina os pesos relativos de cada <i>input</i> e <i>output</i> (3)		☹
É possível adicionar variáveis económicas complexas (economias de escala, tributação, taxas de juros, outros) (4)		😊
Evidencia operações ineficientes (5)		☹
Apresenta o cálculo da folga à melhor eficiência (6)		☹
Fácil compreensão de resultados (7)		😊
Ajuda na tomada de decisão (8)		☹
Legenda:	😊 Satisfaz Bem	😊 Satisfaz
		☹ Não Satisfaz

1.2.4. Análise de Eficiência de Fator Total

Esta metodologia deriva de uma análise *output-to-input* que leva em conta todos os *inputs* e *outputs* de uma só vez. É um método que considera essencial que o fator total da eficiência agregue todas as variáveis (*inputs* e *outputs*) que estão associados a um momento no tempo, resolvendo o problema das eficiências parciais (1 e 2). No entanto, este método requer que os gestores envolvidos na tomada de decisão determinem os pesos relativos de cada *input* e *output* para obter uma fórmula que se reduza à da equação 1, tal como abordado por (Cooper et al., 2007).:

$$Eficiência = \frac{Output}{Input}. \quad (1)$$

Pedir aos gestores que determinem os pesos relativos de cada *input* e *output* pode resultar na obtenção de valores diferentes (3), visto que, são escolhidos por indivíduos diferentes e pode modificar o impacto das variáveis económicas complexas (4). Assim, é muito provável que este método apresente resultados tendenciosos (8). Apesar deste método apresentar uma fácil compreensão de resultados (7), não consegue evidenciar as operações ineficientes (5) e não apresenta resultados de folga de eficiência (6).

Tendo em conta as características apresentadas, a Tabela 6 apresenta a classificação do método para aplicação no presente estudo.

Tabela 6 - Classificação do método Análise de Eficiência de Fator Total.

Critérios		Classificação
Calcula a eficiência geral de um processo (1)		😊
Calcula as eficiências parciais do processo (2)		😞
Determina os pesos relativos de cada <i>input</i> e <i>output</i> (3)		😐
É possível adicionar variáveis económicas complexas (economias de escala, tributação, taxas de juros, outros) (4)		😐
Evidencia operações ineficientes (5)		😞
Apresenta o cálculo da folga à melhor eficiência (6)		😞
Fácil compreensão de resultados (7)		😊
Ajuda na tomada de decisão (8)		😐
Legenda:	😊 Satisfaz Bem	😐 Satisfaz
		😞 Não Satisfaz

1.2.5. Análise de Regressão

Esta aproximação sugere o uso de regressões lineares para estudar organizações que usam bases de dados detalhadas dos seus *inputs* e *outputs*. Os modelos de regressão analítica identificam equações paramétricas que relacionam os *inputs* aos *outputs* das organizações sob investigação, permitindo a análise e comparação com outras organizações. Esta relação é usada para calcular o nível de *output* esperado dado um determinado nível de *input*, para cada unidade que está a ser comparada dentro do conjunto dos dados. Unidades que produzem mais *output* do que o previsto pelo modelo são consideradas relativamente mais eficientes que as unidades que produzem menos *output*. A maior desvantagem desta aproximação é que a eficiência é comparada através do desempenho médio hipotético (linha representada pela equação obtida através da regressão) e não contra o melhor desempenho no conjunto de dados (Sexton, 1986; Charnes et al., 1994).

De seguida abordou-se os métodos *Stochastic Frontier Analysis* (SFA) e *Data Envelopment Analysis* (DEA) que são duas técnicas baseadas na teoria da regressão linear.

1.2.5.1. *Stochastic Frontier Analysis*

SFA é um método de modelagem económica usado para estimar o desempenho na produção. Foi introduzido por Aigner et al. (1977) e por Meeusen e Broeck (1977). O método assume que existe uma função paramétrica entre os *inputs* usados na produção e os *outputs* obtidos. O modelo pode ser expresso como:

$$y_i = f(x, TE_i, V_i) \quad (2)$$

Onde y_i é o *output* escalar observado do produtor i , x é um vetor de m *inputs* usados pelo produtor, TE_i é a eficiência técnica definida como a razão entre a produção observada e a produção máxima viável, e V_i é um componente estocástico.

Alguns artigos afirmam que este método é fortemente orientado para avaliar a eficiência económica de organizações governamentais e de outras instituições públicas, cuja avaliação de desempenho não pode ser baseada no lucro (Cullinane & Song, 2006). É um método que calcula a eficiência geral de um processo (1) através da função paramétrica entre os *inputs* e *outputs*, incluindo as eficiências parciais (2). A razão entre a produção observada e a produção viável permite o cálculo das folgas de eficiência (6), no entanto não revela os passos a ser tomados para o aumento do desempenho (5). É um método que requer algum conhecimento técnico (7) mas fortemente orientado para a tomada de decisão em instituições públicas (8). Porém esta técnica não determina pesos relativos de cada *input/output* (3) e não permite adicionar ou analisar variáveis económicas complexas (4).

Tendo em conta as características apresentadas, a Tabela 7 apresenta a classificação do método para aplicação no presente estudo.

Tabela 7 - Classificação do método *Stochastic Frontier Analysis*.

Critérios		Classificação
Calcula a eficiência geral de um processo (1)		😊
Calcula as eficiências parciais do processo (2)		😐
Determina os pesos relativos de cada <i>input</i> e <i>output</i> (3)		😞
É possível adicionar variáveis económicas complexas (economias de escala, tributação, taxas de juros, outros) (4)		😞
Evidencia operações ineficientes (5)		😐
Apresenta o cálculo da folga à melhor eficiência (6)		😊
Fácil compreensão de resultados (7)		😐
Ajuda na tomada de decisão (8)		😊
Legenda:	😊 Satisfaz Bem	😐 Satisfaz
		😞 Não Satisfaz

1.2.5.2. *Data Envelopment Analysis*

A Análise Envoltória de Dados traduzida de DEA é uma metodologia matemática baseada na teoria da produção e nos princípios da programação linear, que tem vindo a ser usada com sucesso na avaliação de *performance* de entidades comerciais e de organizações não lucrativas (públicas) (Ramanathan, 2003). Pode ser aplicada em diversas organizações como unidades fabris, universidades, escolas, bancos, hospitais, forças armadas, assim como, mais especificamente aos diversos departamentos das mesmas. Os princípios desta metodologia datam de Farrel (1957), com abordagens mais recentes através de artigos escritos por Charnes (1978). Esta metodologia tem diversas vantagens em relação a metodologias tradicionais como análises de eficiências parciais. Uma das maiores vantagens é que a metodologia DEA foi empiricamente validada por diversas vezes e tem sido apontada como o método líder de avaliação de eficiência (Golany, 1988) através do número de artigos publicados, relatando casos de estudo reais.

Esta metodologia apresenta as mesmas vantagens que o método SFA (1, 2, 6 e 8), só que ao contrário do método SFA, as análises das folgas de eficiência no método DEA revelam os passos a serem tomados para o aumento do desempenho (5) (Green et al., 1996). Os dois métodos são comparados em estudos de eficiência económica aplicados em portos de terminais de contentores (Cullinane et al., 2006). Nestes estudos foi

encontrada uma correlação de 0.80 entre as estimativas de eficiência derivadas de DEA-CCR (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978) e SFA e uma correlação de 0.63 entre as estimativas de eficiência derivadas de DEA-BCC (Banker, Charnes, & Cooper, 1984) e SFA. Isto acontece devido ao método DEA-BCC assumir variáveis económicas complexas (4) ao contrário do que acontece com o método DEA-CCR e SFA.

Uma particularidade da metodologia DEA é de que os pesos relativos dos *inputs* e *outputs* não precisam de ser conhecidos *a priori* pois são determinados como parte da solução do problema linear (3) (Zhu, 2003). Por fim, é um método que requer algum conhecimento técnico (7).

Tendo em conta as características apresentadas, a Tabela 8 apresenta a classificação do método para aplicação no presente estudo.

Tabela 8 - Classificação do método *Análise Envoltória de Dados*.

Critérios		Classificação	
Calcula a eficiência geral de um processo (1)		😊	
Calcula as eficiências parciais do processo (2)		😐	
Determina os pesos relativos de cada <i>input</i> e <i>output</i> (3)		😊	
É possível adicionar variáveis económicas complexas (economias de escala, tributação, taxas de juros, outros) (4)		😊	
Evidencia operações ineficientes (5)		😊	
Apresenta o cálculo da folga à melhor eficiência (6)		😊	
Fácil compreensão de resultados (7)		😐	
Ajuda na tomada de decisão (8)		😊	
Legenda:	😊 Satisfaz Bem	😐 Satisfaz	😞 Não Satisfaz

1.3. Escolha do método para avaliação de desempenho na manutenção

Por forma a ser mais perceptível a interpretação de qual o método que melhor se enquadra no presente estudo, a Tabela 9 apresenta um resumo das classificações obtidas por cada metodologia.

Tabela 9 - Classificação obtida por cada metodologia.

Critérios (coeficiente relativo)	Classificação (peso)					
	<i>Balanced Scorecard</i>	Análise Hierárquica de Processos	Análise de Eficiências Parciais	Análise de Eficiência de Fator Total	<i>Stochastic Frontier Analysis</i>	<i>Data Envelopment Analysis</i>
1 (0.1)	0	0	0	1	1	1
2 (0.1)	😊 (1)	0.5	1	0	0.5	0.5
3 (0.1)	😞 (0)	0.5	0	0.5	0	1
4 (0.05)	(1)	1	1	0.5	0	1
5 (0.2)	😐 0.5	0.5	0	0	0.5	1
6 (0.15)	0	0	0	0	1	1
7 (0.1)	1	1	1	1	0.5	0.5
8 (0.2)	1	1	0.5	0.5	1	1
Média Ponderada	55%	55%	35%	37.5%	65%	90%

Tendo em conta o objetivo de estudo e as questões abordadas na Introdução da dissertação, atribuiu-se coeficientes percentuais a cada um dos critérios, de forma a obter a sua importância relativa. A classificação de cada método foi elaborada através de um sistema de caras com a correspondência dos seguintes pesos 😊=1; 😐=0.5; 😞=0. Através dos cálculos obteve-se a média ponderada de cada um dos métodos pelo seu grau de adequabilidade ao presente estudo. É possível concluir que a metodologia que melhor se enquadra no presente estudo é a *Data Envelopment Analysis* com uma adequabilidade de 90%. Por conseguinte, será esta a metodologia usada para a análise de eficiência na manutenção de viaturas na Direção de Transportes da Marinha.

1.4. Análise Envoltória de Dados – Vantagens e Desvantagens

A eficiência calculada pelo método DEA é relativa, ou seja, relativa à *Decision Making Units* (DMU) com melhor *performance*. À DMU com melhor *performance* é dada uma eficiência de 100 % e as restantes DMUs variam relativamente a esta. A avaliação desta eficiência é realizada através da identificação de uma fronteira de eficiência na qual se localizarão as DMUs consideradas eficientes. A suposição fundamental é que se uma organização consegue produzir Y unidades de *output* usando X unidades de *input*, então outras também o devem ser capazes de fazer (Ramanathan, 2003). Assim, numa organização, a DEA permite que sejam evidenciadas quais as operações ineficientes e proporcionar conselhos aos gestores na tomada de decisão vinculada à redução dos recursos e aumentos dos níveis de produção (Kao & Lin, 2012).

Porém, alguns problemas foram identificados na eficiência das DMUs. Usualmente estão envolvidas variáveis económicas complexas, como taxas de juros, tributação, nível de emprego, procura, entre outras (Kao & Liu, 2000). Nos modelos clássicos de DEA os *inputs* e *outputs* são estimados de forma exata, ou seja, considera-se que não há erros ou informações subjetivas nesses valores. De acordo com (Hatami-Marbini, Emrouznejad & Tavana, 2011), em problemas reais os *inputs* e *outputs* podem ser imprecisos, gerando valores de eficiência com baixa confiabilidade, assim, a incorporação da incerteza como um erro de medição deveria ser inserida nos mesmos de modo a tornar o cálculo das eficiências das DMUs mais confiável. Para resolver estes problemas existem vários modelos de DEA derivados da versão clássica que diferem desde a inclusão de economias de escala, inclusão de mudanças da eficiência ao longo do tempo, inclusão de *outputs* indesejados, congestionamento de recursos, disponibilidade de *input* e *output*, entre outras (Cooper et al., 2007).

Devido à geometria da fronteira de eficiência os resultados da análise dependem fortemente dos *inputs* e *outputs* usados (Jenkins & Anderson, 2003). Exige-se assim uma maior preocupação na escolha das variáveis. Vários são os métodos para limitar o número das mesmas, alguns propõem a escolha por especialistas, outros propõem regressões analíticas para indicar quais as variáveis redundantes com alta taxa de correlação (Lewin et al., 1982), ou até, a aplicação do método DEA em modelos reduzidos para classificar o efeito da adição de variáveis no resultado da eficiência (Wagner & Shimshak, 2007).

É de notar que a metodologia DEA não identifica apenas a eficiência de cada DMU, mas também, identifica as DMUs pares das DMUs ineficientes. A DMU ineficiente deve usar os seus pares como referência, de forma a melhorar o desempenho e tornar-se eficiente no futuro. A Figura 6 apresenta a aplicação gráfica da DEA num processo com dois *inputs* e um *output*. É possível verificar que as DMUs E, D, C e F apresentam uma eficiência de 100%, enquanto que as DMUs A e B apresentam uma eficiência entre 0% e 100%. As DMUs C e D são pares da DMU B e a projeção de B na fronteira de eficiência seria B'. A eficiência de uma DMU ineficiente pode ser calculada através da distância á fronteira de eficiência. Por exemplo, a eficiência da DMU B pode ser calculada através da subtração de $|OB'|$ a $|OB|$.

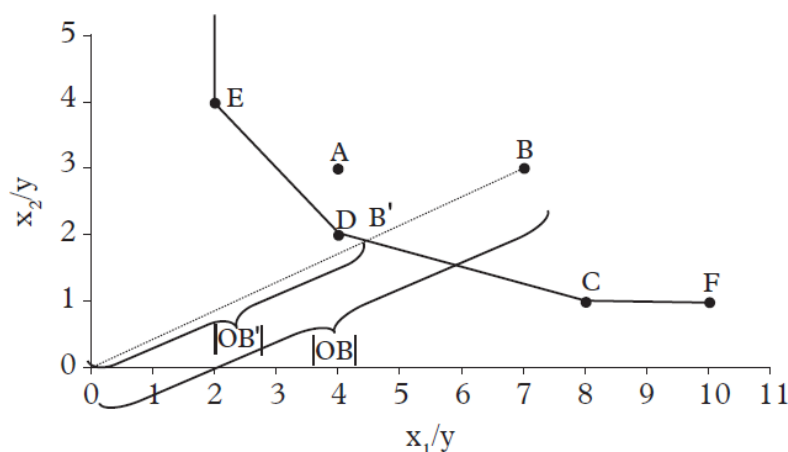


Figura 6 - Aplicação do Modelo DEA num processo com dois *inputs* e um *output*, extraído de (Ozbek & Triantis, 2012).

Se o segmento de reta entre uma DMU e a origem apresentar uma inclinação negativa e mais nenhum ponto da fronteira de eficiência ficar sobre esse segmento de linha considera-se essa DMU como eficiente, caso contrário, é considerada ineficiente (Ozbek et al., 2012).

As vantagens da DEA em comparação com as restantes metodologias previamente estudadas são (Ramanathan, 2003):

- É uma metodologia multicritério que lida com múltiplos *inputs* e *outputs*;
- É objetiva, fornece valores de eficiência com base na solução da regressão analítica;
- Os pesos relativos dos *inputs* e *outputs* não são baseados em opiniões

subjetivas e não precisam de ser conhecidos *a priori*, pois são determinados como parte da solução do problema linear;

- Identifica as DMUs eficientes e a fronteira de eficiência, quantificando a ineficiência de cada DMU restante e identificando os pares das mesmas;
- Concentra-se nas melhores práticas de cálculo computacional ao invés de tentar encontrar padrões de tendência;
- Lida com fatores externos ao processo não controlados pelos decisores. Isto garante que as comparações entre DMUs são mais justas uma vez que tais fatores são incontroláveis e afetam o seu desempenho.

As desvantagens da DEA em comparação com as restantes metodologias previamente estudadas são (Ramanathan, 2003):

- A aplicação da DEA requer que cada problema de programação linear para cada DMU seja resolvido separadamente. Quando existem muitas DMUs o cálculo pode ser difícil. Esta limitação foi minimizada com o desenvolvimento de software específico;
- Erros na medição ou registo dos dados podem resultar em desfasamentos da realidade devido à sensibilidade do método;
- Em comparação com outros métodos é difícil de explicar a metodologia DEA com mais de dois *inputs* e *outputs* a audiências não técnicas;
- Não pode lidar com variáveis qualitativas. A estas variáveis é necessário atribuir valores numéricos que possam ser incorporados no cálculo de avaliação de eficiência.

1.5. Utilização da DEA em estudos com relevância militar

Estudos realizados, relativos à manutenção militar podem ser encontrados em (Charnes et al., 1985; Clarke, 1992; Roll et al., 1989; Sun, 2004). São aí dados contributos para a melhoria da aplicação das metodologias DEA e avaliação de eficiência.

Na primeira dessas aplicações (Charnes et al., 1985) foi utilizado o modelo de CCR orientado a *inputs* (Charnes et al., 1978) para analisar quatorze caças *Tactical Fighter Wing* da Força Aérea dos EUA, usando dados do período de outubro de 1981 a maio de 1982. O modelo consistia em oito entradas e quatro saídas. As entradas eram o número de oficiais, percentagem de oficiais para militares autorizados numa ala, número de aviadores, percentagem de aviadores para militares autorizados numa ala, número total de horas em que as *aeronaves* não eram capazes de realizar missões, número médio de aeronaves numa ala. As saídas incluíam o número total de voos por cada ala, número total de horas em que as aeronaves eram total ou parcialmente capazes de voar, número total de horas em que as aeronaves não eram capazes de realizar missões devido a problemas de manutenção e taxa de correção dentro dos intervalos de tempo determinados.

Roll (1989) utilizou o modelo CCR para analisar cinco unidades de manutenção (DMUs) na Força Aérea Israelita. O modelo consistiu em três *inputs* (trabalho, instalações, custos das peças) e seis *outputs* (saídas de tipo I e II; horas de voo; rácio de saídas máximas autorizadas para saídas médias realizadas; desvio padrão de saídas diárias; número de voos cancelados). A ênfase deste artigo está na escolha de fatores de análise e em atribuir valores numéricos a fatores qualitativos. Este artigo tentou investigar modelos de produção com diferentes combinações de *output* pré-selecionadas.

Clarke (1992) também usou o modelo de CCR para avaliar o desempenho de manutenção de veículos em dezassete bases do Comando Aéreo Tático da Força Aérea dos Estados Unidos durante o período de 1983-1986. O modelo de produção consistiu em quatro entradas (horas disponíveis de trabalho, custos de material, número de estagiários e dias de veículo operacional) e duas saídas (número de dias em comissões para a frota de veículos e número de mecânicos treinados a cada ano). O autor discutiu os resultados do modelo DEA ao longo do tempo e analisou reações de gestão ao método.

Por fim, Sun (2004) utilizou o modelo BCC para analisar o desempenho da manutenção conjunta no Exército de Taiwan durante um período de 6 meses em 2000. É abordada a possibilidade de ser usada a metodologia DEA ao longo do tempo como base para uma melhoria contínua. O estudo foi implementado em cinco Unidades de Manutenção Taiwanesas (DMUs) com seis *inputs* (número total de entradas de veículos na unidade, número total de entradas de armamento na unidade; número total de entradas de veículos armados na unidade; número total de entradas de outro equipamento para manutenção na unidade; custo de material; horas disponíveis de trabalho) e cinco *outputs* (número total de veículos reparados; número total de armamento reparado; número total de veículos armados reparados; número total de outro equipamento reparado; número total de pessoal treinado). Os resultados demonstraram que quatro das DMUs ineficientes aumentaram a eficiência após as recomendações. As Unidades de Manutenção praticamente não operavam com rendimentos de escala o que indicou um grande potencial de expansão de eficiência. Após este estudo o Exército aceitou a metodologia DEA como uma ferramenta para medição de desempenho na Manutenção.

CAPÍTULO 2

Caracterização do Domínio do Problema

2.1 Manutenção

2.2 Indicadores Chave de Desempenho na manutenção

2.3 Avaliação de desempenho na manutenção

2.4 Manutenção na Marinha

2. Caracterização do Domínio do Problema

O presente capítulo é constituído por quatro seções. A primeira seção define e apresenta os três grandes tipos de manutenção. Na segunda seção justifica-se a necessidade de avaliação de desempenho na manutenção. Na terceira seção são enunciados os indicadores chave de desempenho na manutenção. Por fim, na quarta e última seção faz-se a descrição da gestão da manutenção realizada pela Marinha.

2.1. Manutenção

A manutenção pode ser definida como a combinação de todos os procedimentos técnicos e administrativos, incluindo a supervisão, destinados a manter o estado de funcionamento de um equipamento ou a restaurá-lo para um estado em que pode executar uma função necessária (Comissão Eletrotécnica Internacional, 2006). Isto requer que sejam efetuadas reparações, inspeções, rotinas preventivas, substituição de componentes, mudanças de óleo, limpezas, pinturas, correção de defeitos, entres outros. São o conjunto destas ações que constituem o que intitulamos como a função Manutenção. Antes do início dos anos 1900 a manutenção era considerada como um mal necessário. Nesta época a tecnologia não era tão desenvolvida, não existiam alternativas para evitar falhas do equipamento e a atitude geral perante a manutenção era “custa o que custa”. Com o surgimento de novas tecnologias após a Segunda Guerra Mundial, a manutenção começou a ser considerada uma função de suporte no fabrico. Técnicas como a manutenção preventiva começaram a aparecer nos anos 1950 a 1980 e mudaram o paradigma para “a manutenção pode ser planeada e controlada”. Atualmente, a manutenção é considerada parte integrante do processo de negócio e considerada como uma atividade “que cria valor adicional” (Liyanage & Kumar, 2003).

A norma portuguesa 13306 de 2017, é a versão traduzida da norma europeia elaborada pelo comité técnico da Comissão Europeia para Normalização (CEN) e define os termos e conceitos básicos usados na manutenção. Este documento é uma referência obrigatória para uma melhor compreensão de um sistema de gestão de manutenção.

Segundo esta norma, a manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou a repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida” (NP EN

13306:2017). Existem três grandes tipos de manutenção: corretiva, preventiva e de melhoria (Swanson, 2003), tal como apresentado no diagrama da Figura 7. Segundo a (NP EN 13306:2017) define-se:

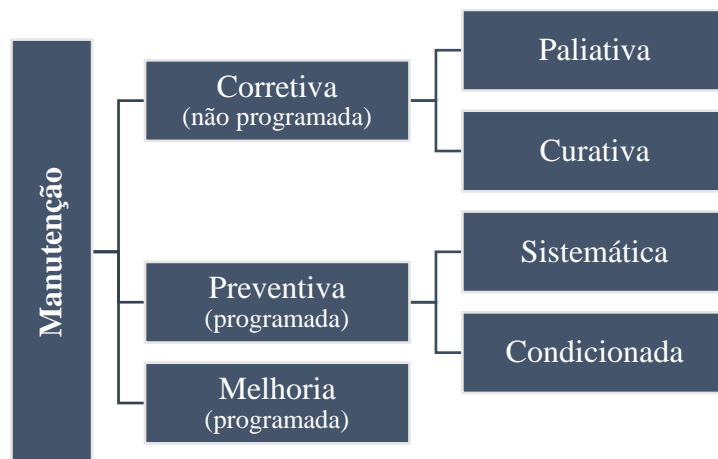


Figura 7 - Tipos de Manutenção.

- **Manutenção Corretiva (NP EN 13306:2017)**

“É a manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria, e destinada a repor o bem num estado que possa realizar uma função requerida”. É uma manutenção não programada que ocorre após um imprevisto. Divide-se ainda em Paliativa e Curativa.

- Manutenção Corretiva Paliativa

Inserida na manutenção corretiva em que o objetivo imediato é a reposição provisória do funcionamento do equipamento. A resolução final da avaria é adiada para um futuro em que o funcionamento do equipamento não seja tão crítico (p.e. no final do horário de operação).

- Manutenção Corretiva Curativa

Inserida na manutenção corretiva em que o objetivo é a reposição definitiva do funcionamento do equipamento. A principal preocupação é a qualidade da reparação.

- **Manutenção Preventiva (NP EN 13306:2017)**

“Manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou degradação

do funcionamento de um bem”. A manutenção preventiva é a capacidade de antecipar-se os problemas prevenindo-os, sendo este o objetivo da Gestão da Manutenção. É uma manutenção programada que ocorre antes de uma avaria.

- Manutenção Preventiva Sistemática (NP EN 13306:2017)

“Manutenção preventiva efetuada a intervalos de tempo pré-estabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem”. A manutenção sistemática é realizada consoante um programa preestabelecido a partir das recomendações do fabricante. Assim, após um período de funcionamento, dá-se a paragem do equipamento para que seja efetuada a substituição de peças. São exemplos a mudança do óleo e filtro de um automóvel todos os 20000 km e a repintura de uma estrutura metálica a intervalos de dois em dois anos.

- Manutenção Preventiva Condicionada (NP EN 13306:2017)

“Manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes”. A vigilância consiste na medição periódica de parâmetros (temperatura, barulho, vibrações e outros) que dão indicações sobre o estado do equipamento. Quando um ou mais destes parâmetros atingem um determinado nível de deterioração é realizada a manutenção de forma a restaurar as condições desejadas. O equipamento só interrompe efetivamente o serviço quando evidencias diretas de deterioração são detetadas. É considerada a melhor e mais vantajosa forma de manutenção, mas também, a mais exigente pois não é possível a sua implementação exclusiva.

2.2. Avaliação de desempenho na manutenção

A gestão da manutenção constitui o ponto de equilíbrio entre a procura e a consecução do nível de manutenção necessária ou desejada na organização. Ela melhora o desempenho e a disponibilidade do equipamento, mas por outro lado acresce a custos e está limitada por diversos fatores como: disponibilidade financeira (1); exploração de equipamentos (2); nível de produtividade (3); qualidade intrínseca do material (4); vida útil do equipamento (5); obsolescência do material (6); qualidade do pessoal (7). A eficiência e eficácia na gestão da manutenção desempenham um papel central no sucesso, capacidade e sobrevivência das organizações.

A chave está em encontrar o equilíbrio entre o custo e o benefício que maximize o contributo positivo da manutenção na rentabilidade geral da organização. Torna-se assim essencial, implementar um método de avaliação de desempenho para medir a eficiência na manutenção e possibilitar a solução dos fatores limitantes (Tsang, 2002). Os seguintes pontos justificam a necessidade da avaliação de desempenho na manutenção (Parida & Kumar, 2006):

- **Medir o valor criado pela manutenção** – É uma das razões mais importantes para a implementação de um sistema de avaliação de desempenho. É crucial identificar se o que é feito, é o que é necessário para o processo de negócio. Se o *output* da manutenção não contribuir com nenhum valor para o processo de negócios, então necessita de ser reestruturada. O objetivo é cumprir com a estratégia da organização.
- **Justificar o investimento** – O investimento feito na manutenção tem de produzir um retorno, de forma a justificar os recursos que são consumidos.
- **Retificar a alocação de recursos** – Determinar se mais ou menos investimento é necessário na manutenção. Determinar alterações necessárias no processo de forma a alocar recursos mais eficientemente.
- **Segurança no trabalho** – Perceber a contribuição da manutenção na higiene e Segurança no Trabalho. Maus desempenhos levam a falhas de segurança (acidentes).
- **Foco na gestão do conhecimento** – Nos últimos anos, devido ao rápido avanço da tecnologia, surgiram técnicas baseadas na análise de vibração, espectroscopia, termografia e outras. Ocorreu uma mudança de paradigma

da manutenção corretiva para a manutenção preventiva condicionada. Isto requer uma atualização sistemática dos colaboradores para a atualização do seu conhecimento e para a sua especialização.

- **Adaptação às novas estratégias de manutenção** – Atualmente, as estratégias aplicadas na manutenção exigem a implementação de modelos de avaliação de desempenho, para uma constante procura de aumento de eficiência.
- **Mudanças na estrutura organizacional** – As organizações estão a adotar estruturas organizacionais mais compactas, mais teletrabalho e a aumentar as equipas auto-gerenciáveis com conhecimentos diversos. Todas estas alterações, necessitam de integração nos sistemas de avaliação de desempenho, para se perceber qual o retorno do processo na manutenção.

Implementar um modelo de avaliação de desempenho na manutenção é desafiante, mas ao mesmo tempo, fundamental para qualquer organização. A avaliação tem de estar alinhada à estratégia organizacional para permitir a continuidade da competitividade da organização. Perceber as necessidades institucionais e o modo como é realizada a avaliação é essencial no sucesso da sua implementação. O objetivo primordial é eliminar desperdícios e estabelecer uma relação ideal entre os recursos usados (*inputs*) com o resultado obtido (*outputs*). Constata-se que os problemas relacionados com a implementação de sistemas de avaliação de desempenho na manutenção estão ligados à estratégia da organização, às dificuldades organizacionais, à escolha de indicadores e à sustentabilidade da avaliação no tempo.

2.3. Indicadores Chave de Desempenho na manutenção

Indicadores Chave de Desempenho ou *Key Performance Indicators* (KPI), são medidas que determinam a posição de uma organização em relação às suas metas e objetivos. Estes indicadores, permitem visualizar no imediato as informações quantitativas que ajudam no planeamento e controlo estratégico da tomada de decisão (Collins, 2016). No seu todo, são um conjunto de *inputs* e *outputs*, que podem ser usados em estudos de avaliação de desempenho, através da implementação de técnicas como a DEA, ou até de outras anteriormente referidas. A seleção dos KPI depende da forma como o método de avaliação de desempenho é aplicado. Ao projetar indicadores é necessário relacioná-los com os objetivos e estratégia da organização de forma a identificar as áreas problemáticas que contribuam para a melhoria do desempenho e alcance dos objetivos organizacionais.

Coetzee (1998), aborda uma lista de 21 indicadores de desempenho na manutenção, em 4 categorias distintas. A Tabela 10 apresenta um sumário destes indicadores.

Tabela 10 - Indicadores de desempenho da manutenção, adaptado de (Coetzee, 1998).

Categorias de desempenho				
	Eficiência na manutenção de máquinas/ instalações	Eficiência da tarefa	Eficiência organizacional	Eficiência de lucro/custo
Indicadores de desempenho	Tempo disponível; Tempo de produção; Tempo de inatividade; Tempo de avaria; Tempo de reparação.	Número de tarefas recebidas; Número de tarefas completas; Número de tarefas não concluídas; Tempo permitido em tarefas; Tempo gasto em tarefas.	Atividades agendadas; Tempo planeado para atividades agendadas; Tempo gasto em atividades agendadas; Tempo planeado para vencido; Tempo gasto em inatividade; Custo de avarias; Custos diretos de manutenção.	Custo total da manutenção; Custo de perda de produção; Valor de stock no fim do período; Investimento em infraestruturas.

A norma portuguesa 15341 de 2019 (NP EN 15341:2019), é a versão traduzida da norma europeia elaborada pelo comité técnico da CEN e define os KPI na manutenção. Segundo a mesma, os KPI são um fator crítico no sucesso das organizações e o seu uso deve permitir:

- A medição de *status* (situação);
- A avaliação e comparação de desempenho;
- A identificação de forças e fraquezas;
- O estabelecimento de objetivos;
- O planeamento de estratégias e ações;
- A partilha de resultados;
- O controlo do processo e das mudanças ao longo do tempo.

A norma estabelece um conjunto de indicadores de desempenho padronizados, estruturados em três grupos (económico; técnico e organizacional) de forma a abranger todos os aspetos da função manutenção. O conjunto desses indicadores pode ser verificado no Anexo A.

A possibilidade de criação de KPI é enorme, contudo, é de elevada relevância usar indicadores normalizados, de modo a permitir análises e comparações entre as organizações. A escolha dos KPI a tratar é uma tarefa importante, devido ao facto de não existir qualquer vantagem do seu uso em excesso. Um indicador relevante é um elemento participativo na tomada de decisão, e por esse motivo, os dados que constituem um indicador devem estar relacionados com o objetivo e estratégia da organização de forma a refletir o ponto de situação da manutenção. Os problemas ligados à escolha dos indicadores podem ser resolvidos através da resposta às seguintes questões:

- Quais são os indicadores relevantes para o processo de negócios?
- Os indicadores estão vinculados ao objetivo e estratégia da organização?
- Os indicadores atendem aos requisitos das partes interessadas?
- Os indicadores são mensuráveis e avaliam a eficiência e eficácia da organização?
- Os indicadores são desafiadores, mas atingíveis?
- Os indicadores permitem a tomada de decisão?

2.4. Gestão da manutenção na Marinha

Antes da implementação de um sistema de avaliação de desempenho, é essencial entender em detalhe o processo da manutenção usado pela organização em estudo.

Primeiramente é necessário abordar os objetivos e estratégias da manutenção, que são derivados da missão e visão da organização. De seguida, é essencial compreender o sistema de gestão da manutenção com base nos objetivos, políticas de manutenção, estrutura organizacional, recursos e capacidades da organização. Por fim, é necessário mapear o processo de manutenção e identificar as técnicas usadas pela organização.

Importa também salientar o suporte logístico como uma atividade vital para a programação e execução da manutenção. Este suporte inclui a disponibilidade de peças para reposição, ferramentas, instruções, documentos, etc. O suporte logístico é um dos *inputs* mais importantes pois motiva e aperfeiçoa o bom desempenho na manutenção.

A indisponibilidade de pessoal, peças de reposição e materiais de consumo necessita de ser analisada, caso contrário, atua como *input* destruidor do desempenho geral. De igual forma, fatores humanos como pessoal não qualificado e não motivado para trabalhar, atua como um fator desmotivante que impede a obtenção dos resultados desejados.

2.4.1. Objetivo e estratégia da manutenção na Marinha

A Direção de Transportes (DT) é o organismo responsável pelos assuntos relativos ao elemento funcional logístico transporte. A DT encontra-se na direta dependência da Superintendência do Material (SM) (OMAR, 2015).

De acordo com a Diretiva Setorial do Material (DSM, 2018), a missão da SM é “contribuir para a execução da missão da Marinha, no domínio da administração e gestão dos recursos do material”, ou seja, a SM é a entidade competente pela gestão da manutenção na Marinha.

A visão da SM para o setor é “cumprir com a missão administrando os recursos de forma equilibrada e sustentada”. Em suma, a visão pressupõe a otimização dos recursos e a adoção de soluções que ajudem a preparar o futuro.

Segundo os Objetivos Setoriais 5 e 7 a SM propõem-se respetivamente a “aperfeiçoar a eficiência dos processos e na gestão de recursos” e a “maximizar a disponibilidade dos recursos do material”. Portanto, estes objetivos visam a implementação de estudos de sustentabilidade e a otimização das capacidades de planeamento e previsão na área da conservação (manutenção). O efeito pretendido é a disponibilidade permanente dos recursos (e.g viaturas) para as diversas missões e tarefas da estrutura da Marinha.

Por conseguinte, a missão da DT é administrar o elemento funcional Transporte no âmbito do sistema logístico da Marinha, através da maximização dos recursos colocados à sua disposição, de forma, a permitir adequar este elemento funcional às necessidades definidas superiormente.

Nos termos das alíneas a, d, f e g da (OMAR, 2015) compete à DT:

- Assegurar o exercício da autoridade técnica no domínio das viaturas administrativas e respetivos órgãos de apoio oficial;
- Propor e implementar a doutrina, no âmbito da utilização e manutenção das viaturas administrativas;
- Propor a dotação de viaturas administrativas, através de processos de planeamento, programação, obtenção e abate;
- Gerir a utilização e manutenção das viaturas administrativas próprias da DT para apoio das atividades da Marinha;

Para além disso, a DT realiza o registo e controlo dos consumos através do SIGDN e apoia todas as unidades que não dispõem de viaturas próprias e/ou capacidade para responder às necessidades de serviço.

A estrutura orgânica da DT está prevista na (OMAR, 2015), de acordo com o organograma da Figura 8.

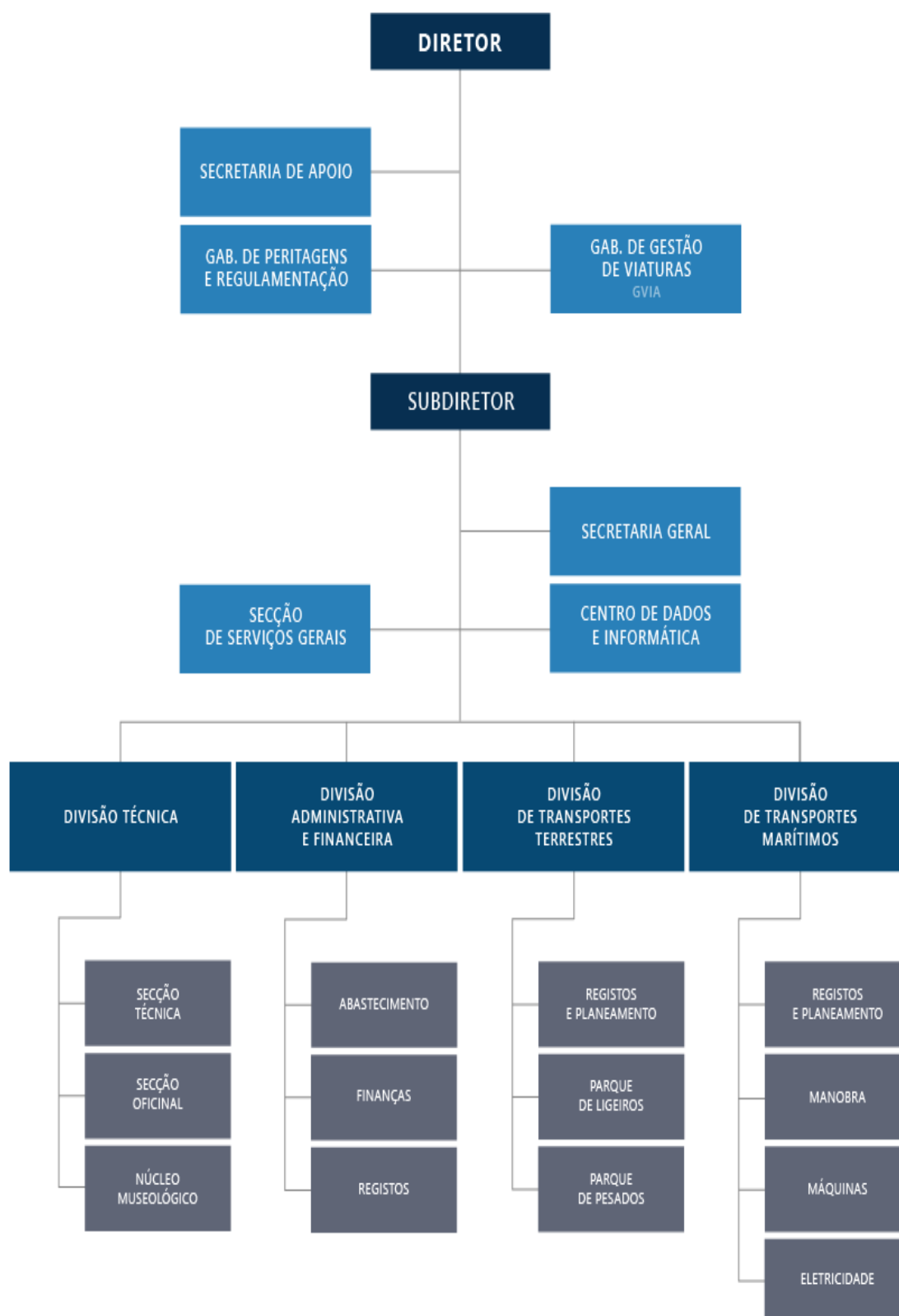


Figura 8 - Estrutura orgânica da DT. Extraído de intranet.marinha.pt a 23 de abril de 2020.

2.4.2. Sistema de gestão da manutenção na Marinha

A publicação ILA 5 (A), do Estado Maior da Armada (EMA, 1997), apresenta os princípios gerais da organização do sistema de gestão da manutenção na Marinha. Segundo a doutrina da Marinha, um sistema de gestão da manutenção é necessário para definir responsabilidades, introduzir procedimentos normalizados e garantir a recolha e o uso efetivo da informação gerada pela atividade da manutenção. A manutenção do material naval respeita a todos os níveis de gestão e abrange todo o ciclo de vida dos equipamentos.

O objetivo da manutenção na Marinha é assegurar a disponibilidade do material, compatível com os programas de utilização operacional estabelecidos, fazendo uso dos recursos logísticos disponíveis ou adquiríveis com custos aceitáveis. O objetivo tem de obter o melhor compromisso entre os seguintes parâmetros:

- Obtenção de graus aceitáveis de fiabilidade do material;
- Obtenção de elevados coeficientes de disponibilidade dos meios;
- Obtenção dos menores custos de manutenção.

A Marinha, afirma que nem sempre é fácil conciliar os três parâmetros e que importa em cada caso buscar a melhor solução de equilíbrio. Manter equipamentos com um grau de fiabilidade elevado, determina tempos de imobilização maiores e custos acrescidos. Assim como, manter altos regimes de utilização compromete a fiabilidade e agrava os custos de manutenção. Por outro lado, sempre que se baixam os custos para além de certos limites, a fiabilidade ou a disponibilidade do meio é penalizada. Verificamos aqui alguns fatores limitantes como os recursos financeiros disponíveis, a gestão do abastecimento e a gestão do pessoal.

Com efeito, a Marinha propõe as seguintes formas de solução para cada um dos problemas:

- **Aumentar a fiabilidade do material:**
 - Avaliar sistematicamente as necessidades de manutenção, com recurso a tecnologia de manutenção preventiva condicionada;
 - Formular corretamente as necessidades de manutenção;
 - Planeamento objetivo da manutenção;
 - Controlo eficaz da qualidade de execução da manutenção.

- **Aumentar a disponibilidade operacional dos meios:**
 - Diminuir as necessidades de intervenções não programadas;
 - Encurtar a duração das imobilizações de manutenção;
 - Maior espaçamento entre imobilizações.
- **Reduzir os custos de manutenção:**
 - Avaliar rigorosamente as necessidades de reparação ou substituição de material;
 - Formular corretamente as medidas de manutenção;
 - Controlo apertado e eficaz dos custos.

As doutrinas usadas pela manutenção na Marinha são as anteriormente abordadas no subcapítulo “Manutenção”. Uma ótica totalmente preventiva acarreta custos, tempos de imobilização e meios materiais e humanos inoportunos para a Marinha. Também, a utilização única de um sistema de manutenção corretiva, apresenta consequências gravosas em termos financeiros. Por estas razões, interessa que o sistema de gestão da manutenção contenha um equilíbrio entre os diferentes tipos de manutenção, de tal modo, a que o custo-eficiência resulte otimizado. A natureza e dimensão dos meios técnicos e oficiais a mobilizar para a execução da manutenção na Marinha é dividida em três escalões:

Manutenção de 1º Escalão: Trabalhos que impliquem a substituição de peças e componentes, utilizando ferramentas ou aparelhagens da dotação da unidade. Inclui ajustamento, afinações e provas. É de realização possível no âmbito dos serviços técnicos das unidades.

Manutenção de 2º Escalão: Trabalhos que impliquem a substituição de peças, componentes e subconjuntos, utilizando as ferramentas ou aparelhagens que excedam as capacidades próprias da unidade e, por isso, apenas possível com o apoio da capacidade humana e oficial existente ou posta à disposição do comando administrativo, a que o material se encontra atribuído.

Manutenção de 3º Escalão: Trabalhos de manutenção que, pela sua complexidade e dimensão dos meios técnicos e oficiais a mobilizar, excedem a capacidade dos recursos existentes ou postos à disposição do comando administrativo. São executados por entidades empresariais externas.

A organização da manutenção na Marinha pressupõe, portanto, a existência de um Sistema de Gestão da Manutenção que compreende o seguinte:

- Um sistema de manutenção planeada com:
 - Programas de manutenção preventiva, integrantes e individuais, definindo objetivamente quais os equipamentos a manter, o tipo de manutenção a executar, a frequência e os meios necessários;
 - Um método de planeamento interno que permita a execução organizada da manutenção requerida pelo programa, em conjugação com o plano de utilização operacional;
- Um sistema de informação permanentemente atualizado que permita o aperfeiçoamento e a existência de dados estatísticos relevantes;
- Mecanismos de coordenação com o sistema de abastecimento e com os organismos empresariais envolvidos no processo;
- Formas adequadas de controlo e prevenção de auditorias técnicas.

2.4.3. Mapeamento do processo de manutenção na Marinha

Tal como referido anteriormente, é imperativo mapear o processo de manutenção e identificar as técnicas usadas pela organização. A seguinte Figura 9 apresenta, de uma forma resumida, o processo de manutenção de viaturas na Marinha.

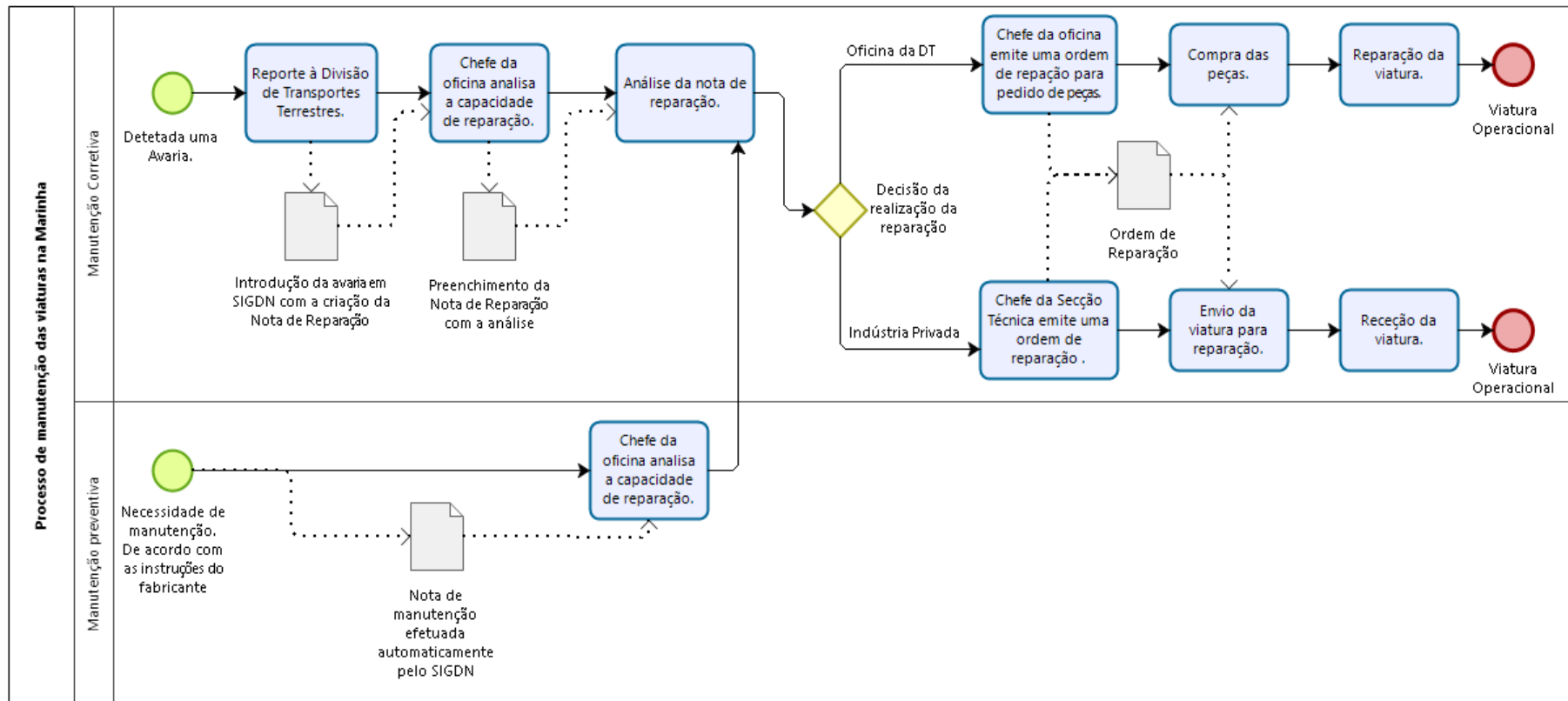


Figura 9 - Mapeamento do Processo de manutenção na Marinha.

O processo de manutenção na Marinha é dividido consoante o tipo de manutenção a realizar. Assim, existe um conjunto de atividades a realizar no caso de uma manutenção corretiva e outro no caso de uma manutenção preventiva. Ainda assim, é possível verificar que a única diferença entre os dois processos é a nota de reparação. No caso da manutenção corretiva a nota de reparação é inserida após o reporte da avaria, já no caso da manutenção preventiva, a nota é gerada automaticamente pelo SIGDN. Após a nota de reparação, todos os passos são iguais para ambos os processos.

Desta forma prevê-se que nas manutenções preventivas em que a DT sabe previamente que tem capacidade de reparação, a compra das peças ocorra apenas após a ordem de reparação e de forma singular para cada veículo. Todo este procedimento antecipa um maior consumo de tempo na manutenção realizada pela oficina interna em comparação com as oficinas externas. De igual forma, perde-se a oportunidade de negociar descontos de quantidade. As compras são apenas realizadas após a certeza da capacidade de reparação.

Denota-se que não existe um automatismo de deteção da capacidade oficial para cada intervenção (de acordo com Apêndice C). Uma automação do SIGDN permitiria que após a inserção da nota de reparação o programa respondesse com a capacidade da reparação, avançando na compra das peças ou na procura de uma oficina externa para contratação. Uma forma de realizar esta automação seria o histórico da viatura. De novo, para veículos do mesmo tipo ou marca, a identificação automática pelo SIGDN de intervenções preventivas permitiria a compra em maiores quantidades fazendo uso das economias de escala.

Os próximos Capítulos 3 e 4 permitirão analisar de forma mais intensiva a gestão da manutenção na DT e identificar se os pressupostos são verdadeiros ou falsos.

CAPÍTULO 3

Análise do Atual Modelo de Gestão da Manutenção

- 3.1 Extração, Transformação e Carregamento de Dados
- 3.2 Análise Exploratória de Dados

3. Análise do Atual Modelo de Gestão da Manutenção

O presente capítulo é constituído por duas seções. A primeira seção define e aborda todo o processo realizado para a extração, transformação e carregamentos dos dados em estudo. Por fim, na segunda e última seção faz-se a análise exploratória dos dados, de forma a extrair e identificar informação sobre o estado da manutenção realizada atualmente pela DT.

3.1. Extração, Transformação e Carregamento de Dados

Um sistema de armazenamento de dados recolhe dados de diversos sistemas externos. O objetivo é fornecer ao utilizador final acesso a informação integrada e manobrável, de forma a auxiliar o processo de tomada de decisão. O processo que facilita a utilização dos dados pelo utilizador final é conhecido como Extração, Transformação e Carregamento (*Extract-Transformation-Loading*, ETL). O processo ETL é responsável pela extração e transporte de dados dos sistemas externos para o sistema de armazenamento de dados (1), transformação, processamento, conversão, limpeza e normalização dos dados (2), carregamento dos dados processados para a área apropriada do sistema de armazenamento de dados (3) (Trujillo & Luján-Mora, 2003).

Num processo ETL, os dados extraídos passam por uma sequência de fases antes de serem carregados no sistema de armazenamento. Dados incorretos ou inconsistentes produzem erros de decisão, por isso, uma estrutura correta do processo ETL é essencial para melhorar a qualidade dos mesmos. Geralmente é composto pelas seguintes tarefas:

- Seleção das fontes de extração de dados;
- Transformação dos dados (filtrar, converter códigos, derivar valores, mudança de formato, etc.);
- Junção dos dados das diferentes fontes.
- Seleção do destino de carregamento;
- Mapeamento dos atributos de origem e atributos de destino (atributos a serem extraídos dos dados de origem para os atributos de destino);
- Carregamento dos dados.

3.2. Dados das viaturas de Tipo-D – Processo ETL

Devido à necessidade de validar a recolha dos dados das viaturas de Tipo-D da Marinha, foi realizado um processo ETL, tal como se pode verificar na Figura 10. O período escolhido para a análise foi de 5 anos. Os dados recolhidos, faziam parte da base de dados da DT entre o período de 2015 a 2020 (até à data da realização da presente dissertação). A ferramenta escolhida para a transformação e construção do repositório de dados foi o *Microsoft Excel*. Foi escolhida esta ferramenta com base em diversos fatores: possui as características necessárias para o armazenamento e processamento dos dados; a extração de dados em SIGDN ocorre de forma automática para *Microsoft Excel*; é compatível com a aplicação da análise exploratória de dados e da metodologia DEA. Estes fatores tornam-na numa ferramenta uniformizada e única para todo o estudo.

Inicialmente, extraiu-se a informação do repositório da DT para a ferramenta de armazenamento de dados. A fonte de extração selecionada foi o *software* de gestão SIGDN (passo 1). A informação extraída de SIGDN foi previamente selecionada, devido à possibilidade de extrair ficheiros *Microsoft Excel* apenas com os atributos requeridos. Os dados recolhidos foram analisados e filtrados, ocorrendo também algumas mudanças de formato (passo 2). No entanto, muita da informação encontrava-se incorretamente inserida ou dispersa em SIGDN, pelo que a solução encontrada, foi a análise intensiva das faturas com registos dos procedimentos de manutenção executados. Por este motivo, foi necessário voltar ao primeiro passo e adicionar como fonte de extração o conjunto das faturas cedidas pela DT em versão digital. Esta dispersão de informação, obrigou a uma leitura pormenorizada das faturas, de forma a tornar a extração dos dados o mais rigorosa possível. Ainda assim, é de notar que os dados podem estar incompletos ou incorretamente inseridos devido à grande dispersão das bases de dados (SIGDN, faturas físicas, faturas digitalizadas e ordens de trabalho), às constantes alterações das bases de dados e aos erros de inserção do operador. Após a junção dos dados provenientes destas fontes (passo 3), mapeou-se um ficheiro *Microsoft Excel* com os seguintes atributos de destino (passo 4 e 5): matrícula do veículo, marca, modelo, ano de aquisição, nº de ordem da intervenção, centro responsável, quilómetros na intervenção, distância entre intervenções, intervenção realizada, custo total, data de início, data de fim, tempo total de trabalho, tempo entre intervenções, tipo de manutenção. Por fim, os dados foram carregados neste ficheiro (passo 6), de modo a proceder-se à realização da análise de dados.

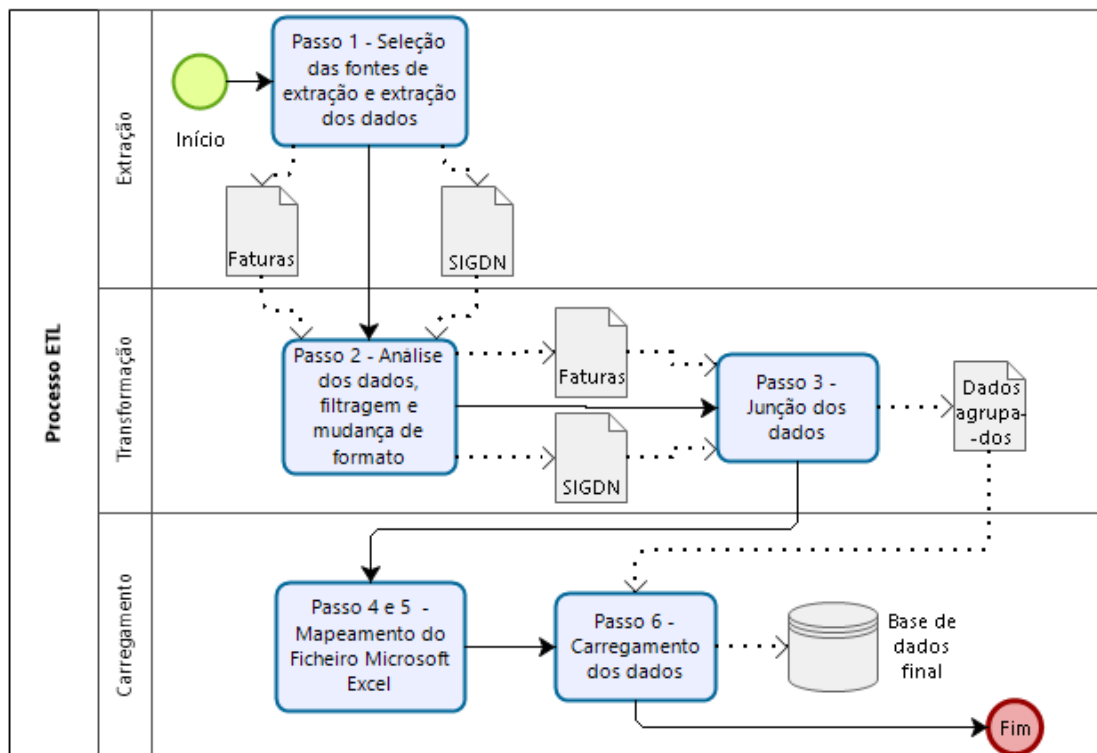


Figura 10 - Extração, transformação e carregamento de dados.

Tentou-se nesta fase, garantir que a informação carregada estava correta e consistente. Alguns testes foram realizados para garantir ausência de erros:

- Comparação do número de registos SIGDN com o número de registos carregados em *Microsoft Excel*;
- Codificação do limite de caracteres para certos atributos;
- Codificação de caixas de listagem para atributos com operações limitadas;
- Comparação dos valores extraídos em SIGDN com os valores das faturas;
- Eliminação de valores duplicados ou nulos;
- Inserção de testes de rejeição com alerta de deteção de erro;
- Substituição automática de valores com defeito.

3.3. Análise Exploratória de Dados

A análise exploratória de dados (AED) foi inserida por Tukey em 1977 pelo livro que lhe dava nome. O objetivo de uma AED é procurar conhecimento antes da avaliação pormenorizada dos dados. Neste caso, antes da realização da avaliação de desempenho na manutenção da Marinha, a AED permite resumir um conjunto de características presentes, utilizando métodos gráficos e quantitativos. Algumas hipóteses são desde logo assumidas para posterior teste. Pode-se desde cedo, maximizar a obtenção de informação, descobrir tendências e detetar comportamentos. O Processo ETL, seguido da AED, constituem em conjunto o método de Extração de Conhecimento a Partir dos Dados (*Knowledge Discovery From Data*). A Figura 11 apresenta este método.

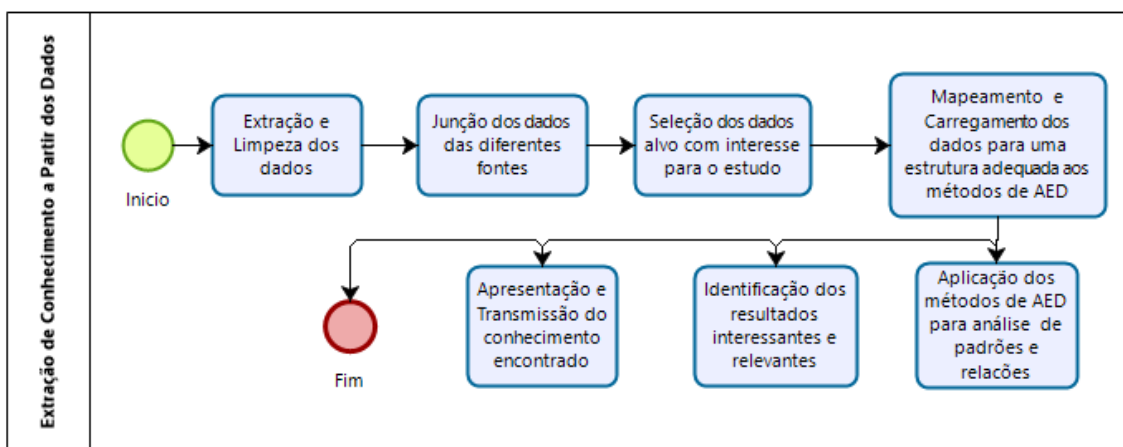


Figura 11 - Fluxo do processo de Extração de Conhecimento a Partir dos Dados.

Para cada objetivo de investigação existem diferentes técnicas de AED. As técnicas gráficas são as mais utilizadas, principalmente para caracterizar propriedades e descrever o conjunto de dados num formato mais conveniente, sumário e compreensível. Alguns exemplos são a aplicação de Histogramas e Diagramas de Pareto.

A análise exploratória de dados foi realizada através da linguagem *Structured Query Language (SQL)* com o *Microsoft Access* e posterior obtenção de gráficos em *Microsoft Excel*. A consulta à base de dados criada em Access pode ser consultada em Anexo B. Foram realizadas várias análises com os objetivos de possibilitar o isolamento dos fatores mais relevantes para a DEA e a retirada de conclusões sobre a manutenção realizada atualmente pela DT.

3.3.1. Caracterização do parque automóvel de Tipo-D da Marinha

Caracterizar o parque automóvel de Tipo-D da Marinha passa por analisar as seguintes características: quantidade de viaturas existentes (Figura 12), respetivas marcas e modelos (Figura 13), idade das viaturas (Figura 14) e tipo de combustível (Figura 14).

Com a Figura 12 é possível concluir que existe uma grande dispersão de marcas (total de 7), no entanto, as marcas dominantes são a *Peugeot* (11 viaturas), *Renault* (11 viaturas) e *Skoda* (8 viaturas), representando 91% (30/37) do parque automóvel. Coloca-se desde logo a questão de um elevado número de marcas. É de prever que esta dispersão de marcas afete negativamente o processo de gestão da manutenção. Gerir a manutenção de um menor número de marcas seria mais fácil e barato, quer pela semelhança de processos, quer pela obtenção de descontos de escala.

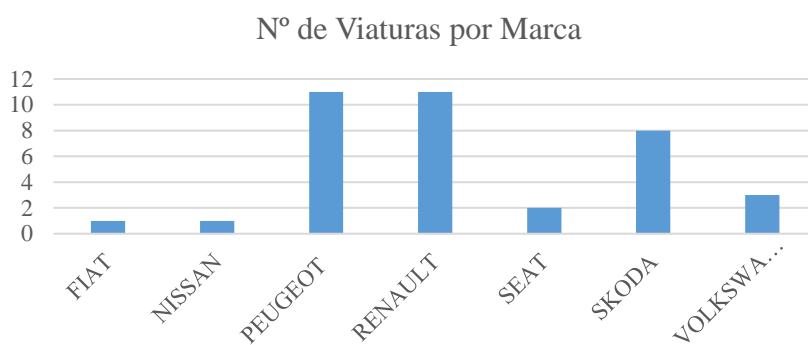


Figura 12 - Nº de viaturas por marca.

Em relação ao número de modelos por cada marca, Figura 13, podemos verificar exatamente o mesmo problema. Existe uma grande dispersão de modelos o que poderá aumentar os custos da manutenção e afetar a gestão de todo o processo. Um menor número de modelos traria as mesmas vantagens que um menor número de marcas.

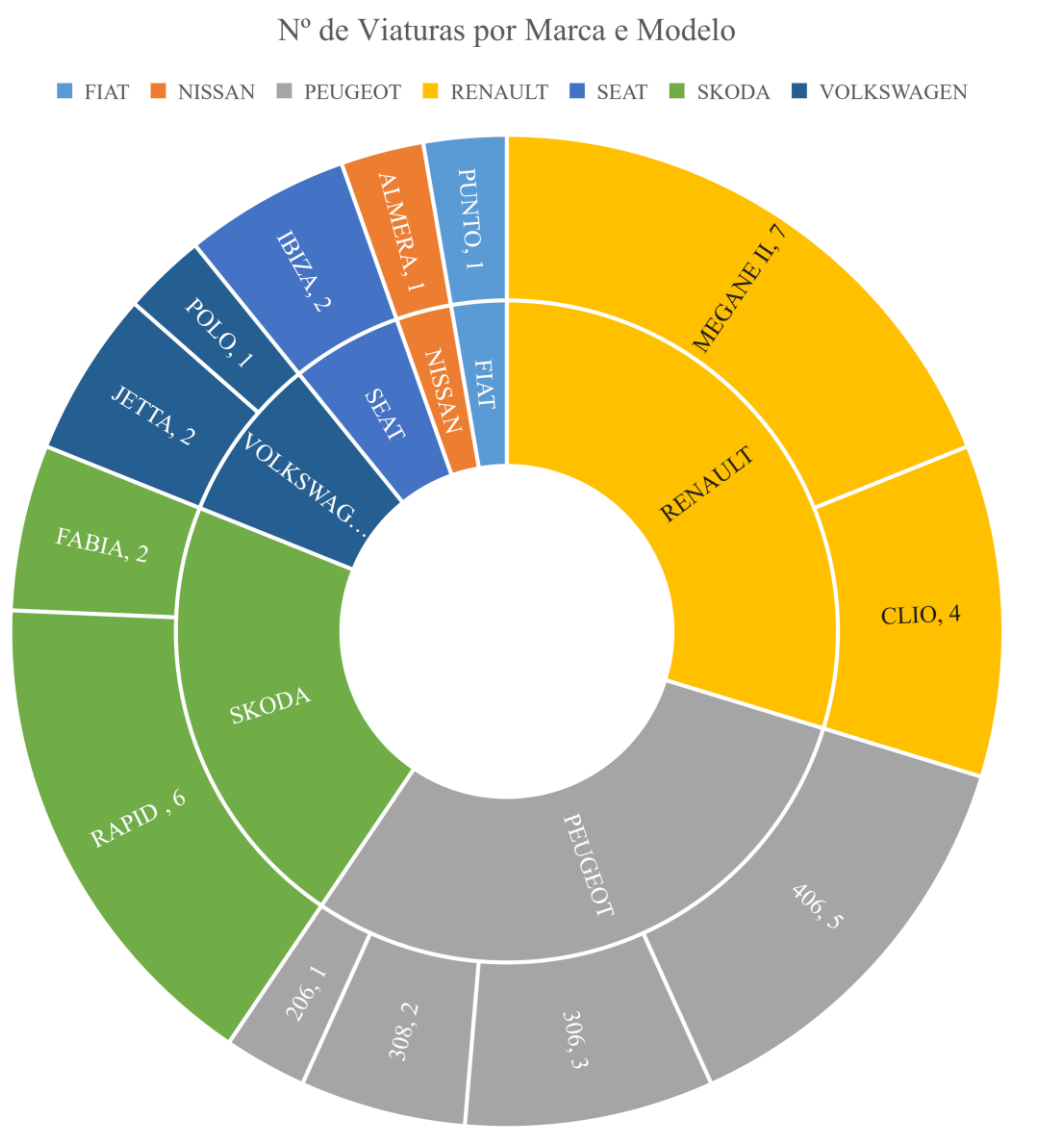


Figura 13 - Nº de Viaturas por marca e modelo.

A perspetiva de renovação do parque automóvel pode ser verificada através da Figura 14. Verifica-se que 8 viaturas apresentam mais do que 20 anos ao serviço da Marinha. O ano com maior número de aquisições foi em 2004, com um total de 10 viaturas adquiridas. Por outro lado, entre 2011 e 2015 nenhuma viatura foi adquirida pela Marinha. É possível concluir que 81% (30/37) das viaturas já se encontra ao serviço à mais de uma década. O parque automóvel da marinha encontra-se envelhecido e cada vez mais com uma notória diminuição da sua renovação, tal como se verifica pela linha de tendência da Figura 14. Estes valores perspetivam dificuldades para o futuro da gestão de manutenção na DT.

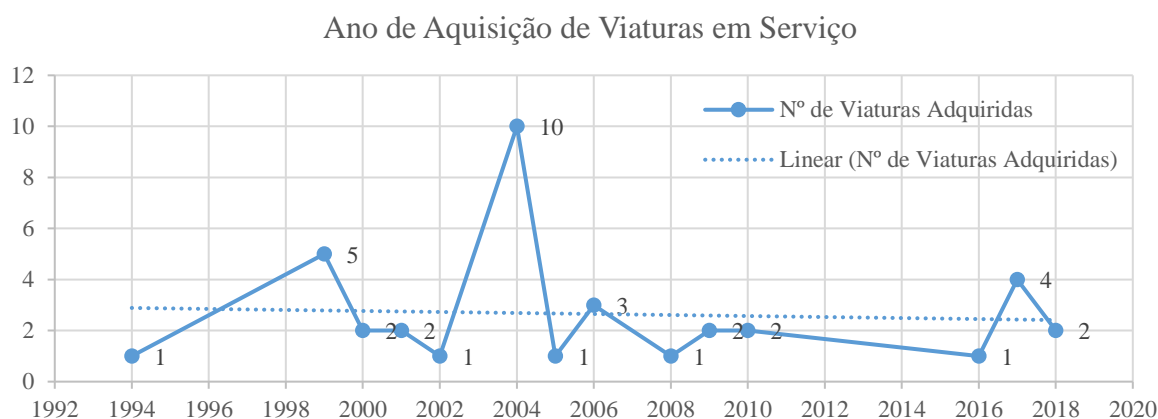


Figura 14 – Ano de aquisição de viaturas em serviço.

A Figura 15 denota o claro domínio das viaturas a Diesel no parque automóvel da Marinha. As viaturas a Gasolina são do ano de 1994 e 2002, pelo que, são viaturas com uma perspectiva de vida útil muito reduzida. De realçar que no Tipo-D ainda não existe nenhuma viatura Elétrica ou Híbrida. A Marinha aparenta ter cessado a sua evolução e modernização do parque automóvel.

Nº de Viaturas por Tipo de Combustível

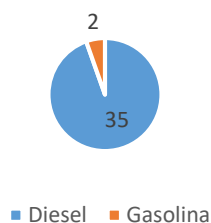


Figura 15 - Nº de viaturas por tipo de combustível.

3.3.2. Caracterização da gestão de manutenção

Analisar os custos totais reais incorridos com a manutenção nos últimos 5 anos permite não só aferir a quantidade de recursos monetários usados, mas também, perceber quais as viaturas que mais consomem o orçamento da DT. Através da análise da Figura 16 é possível afirmar que 15 viaturas consomem 80% do orçamento da DT. Estas viaturas representam no universo do parque automóvel uma percentagem de 40% (15/37). De forma a analisar estas viaturas foi elaborada a Tabela 11. Conclui-se que a maior parte destas viaturas apresentam uma vida útil muito elevada (>15), excetuando a viatura AP-

41-21, cujo valor é justificado por um acidente ocorrido em 2017. Apesar dos anos de vida útil, poderíamos esperar que os elevados custos de manutenção fossem devidos à elevada utilização das viaturas. Porém, apenas 5 viaturas (33%) realizam anualmente entre 10.000 a 20.000 km e apenas 2 viaturas (13%) mais do que 20.000 km.

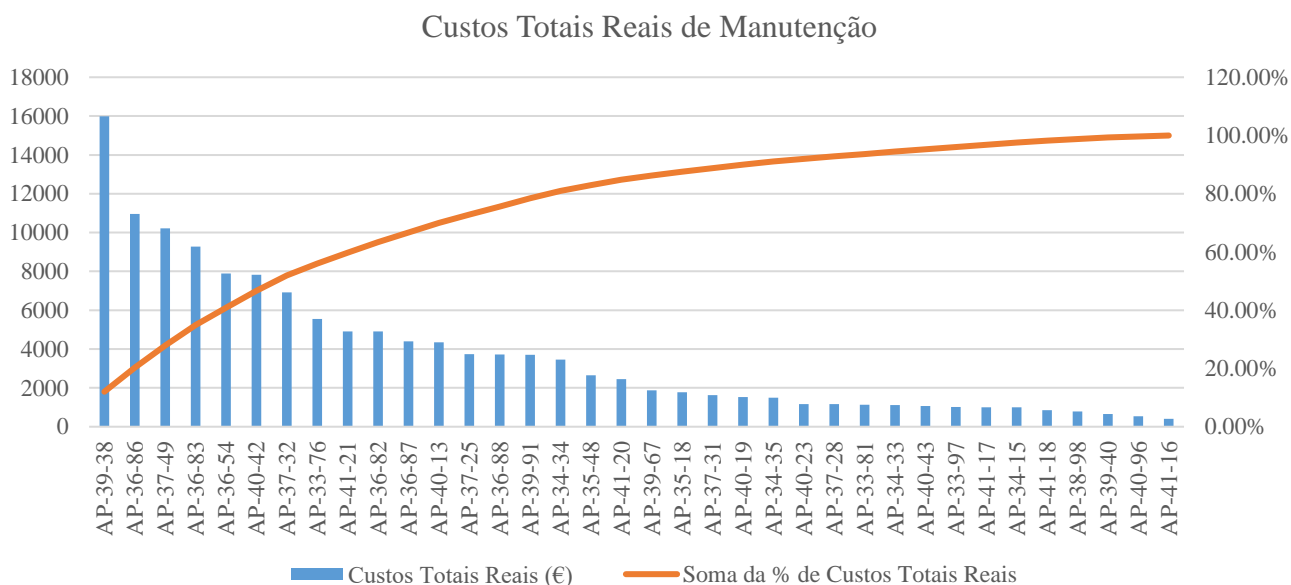


Figura 16 - Custos totais reais de manutenção.

Tabela 11 - Viaturas que consomem 80% do orçamento da DT.

Matrícula	Custos Totais Reais	Anos de Vida Útil	Nº de Manutenções	Custo Médio de Manutenção Por Anos de Vida Útil	Distância Média Percorrida Por Anos de Vida Útil
AP-39-38	15992.6	15.0	25	3198.5	29946.0
AP-36-86	10967.1	17.0	20	2193.4	5938.0
AP-37-49	10215.3	15.0	16	2043.1	7684.8
AP-36-83	9282.7	17.0	24	1856.5	16695.8
AP-36-54	7896.5	16.0	15	1579.3	7105.0
AP-40-42	7831.1	11.0	13	1566.2	12145.2
AP-37-32	6911.3	17.0	13	1382.3	3481.6
AP-33-76	5544.3	22.0	15	1108.9	4711.6
AP-41-21	4900.0	3.0	6	1633.3	27345.0
AP-36-82	4899.7	16.0	13	979.9	7651.2
AP-36-87	4396.5	16.0	18	879.3	10128.2
AP-40-13	4345.2	21.0	7	869.0	11828.8
AP-37-25	3744.9	16.0	7	749.0	2595.2
AP-36-88	3723.4	17.0	20	744.7	10928.2

AP-39-91	3709.4	12.0	11	741.9	13318.4
----------	--------	------	----	-------	---------

Analisar o custo médio de manutenção por quilometro percorrido e organizar os valores por diminuição de vida útil de cada viatura origina o gráfico da Figura 17. Analisando o gráfico e atendendo à sua linha de tendência, conclui-se que quanto menor é a vida útil da viatura, menores são os custos médios de manutenção por quilometro. Algumas exceções podem ser verificadas através de grandes picos ou sopés apresentados por algumas viaturas. Estes desvios podem ser justificados por vários fatores como: acidentes de viação, pouca utilização da viatura, manutenções mal realizadas e falta ou má inserção de dados, tal como abordado anteriormente. Independentemente destes desvios é possível constatar que uma viatura com 20 anos de idade consome cerca de 0.14€/km, enquanto que uma viatura com até 10 anos consome cerca de 0.07€/km, ou seja, metade do valor registado por uma viatura com 20 anos.

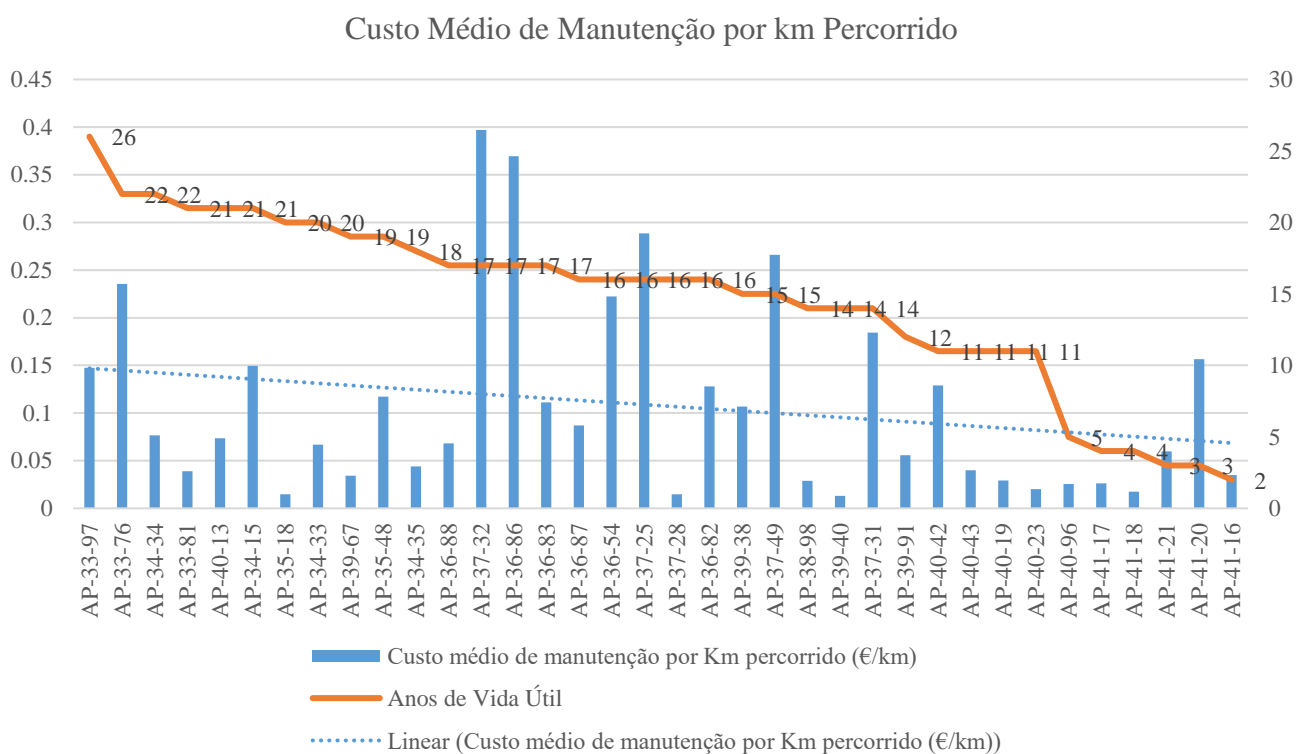


Figura 17 - Custo médio de manutenção por km percorrido.

De igual modo é possível analisar o número de manutenções entre 2015 a 2020 e organizar os dados por diminuição de vida útil de cada viatura originando o gráfico da Figura 18. Analisando o gráfico e atendendo à sua linha de tendência, conclui-se que quanto menor é a vida útil da viatura, menores são o número de intervenções registadas.

Viaturas mais novas necessitam de menos intervenções e de menores custos na sua manutenção, por outro lado, acarretam um custo de aquisição do ativo. O menor número de intervenções registadas em viaturas com mais do que 19 anos, em comparação com viaturas entre os 15 e 19 anos, podem ser justificados por ausência de dados ou pela baixa utilização no serviço, tal como verificado na Tabela 11.

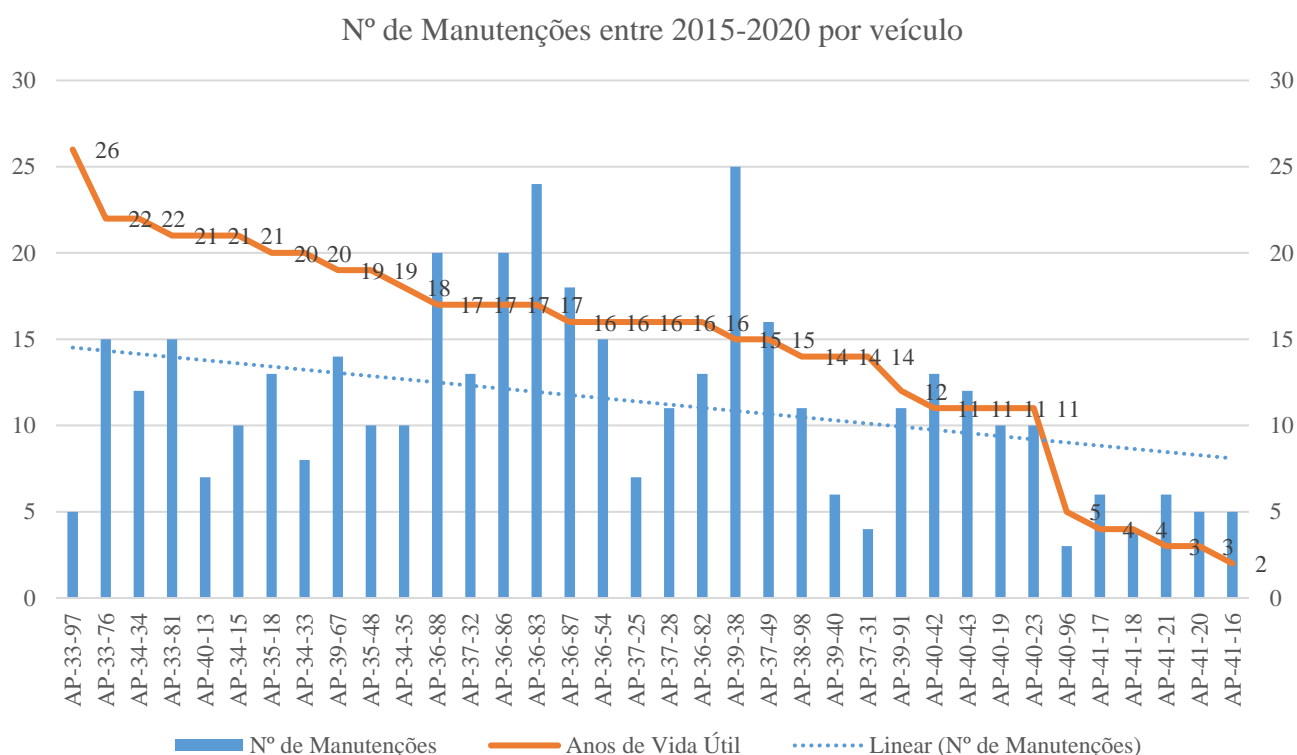


Figura 18 - Nº de manutenções entre 2015 a 2020 por Anos de Vida Útil.

Também é possível analisar o custo médio de manutenção entre 2015 a 2020 e organizar os dados por diminuição de vida útil de cada viatura originando o gráfico da Figura 19. Analisando o gráfico e atendendo à sua linha de tendência, conclui-se que nos últimos 5 anos não existe uma correspondência direta entre uma maior vida útil e um maior custo médio de manutenção, tal como seria de esperar. No entanto, se compararmos com os gráficos da Figura 17 e da Figura 20, conseguimos perceber que apesar do custo médio de manutenção entre 2015 a 2020 ser uniforme, as viaturas mais velhas realizam menos quilómetros e apresentam maior custo por quilómetro percorrido.

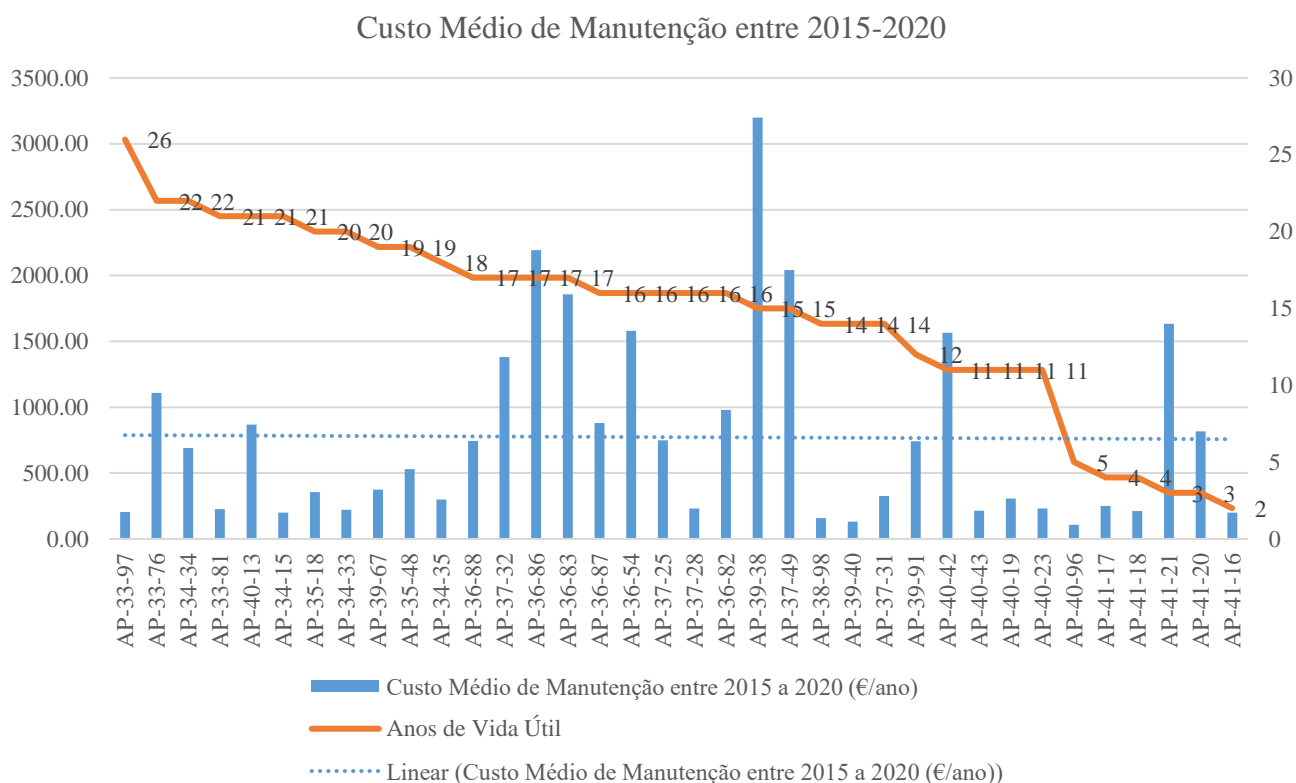


Figura 19 - Custo médio de manutenção por anos de vida útil.

O próximo gráfico mostra a distância média percorrida por anos de vida útil e organiza os dados por diminuição de vida útil de cada viatura originando o gráfico da Figura 20. Tal como seria de esperar observando a linha de tendência, conclui-se que as viaturas percorrem mais quilómetros nos primeiros anos de vida. Excetua-se à regra 2 viaturas que apresentam picos de distância média com uma vida útil superior a 15 anos. As viaturas AP-39-38 e AP-35-18 apresentam uma média bastante elevada com 16 e 21 anos de vida útil, respetivamente. Verifica-se também que o ponto onde a maior parte das viaturas passa a percorrer menos de 10.000 quilómetros anuais, situa-se nos 15 anos de vida útil. Aliás, observando as Figuras 17, 18 e 20, verifica-se que aos 15 anos ocorre o atravessar do ponto médio das linhas de tendência.

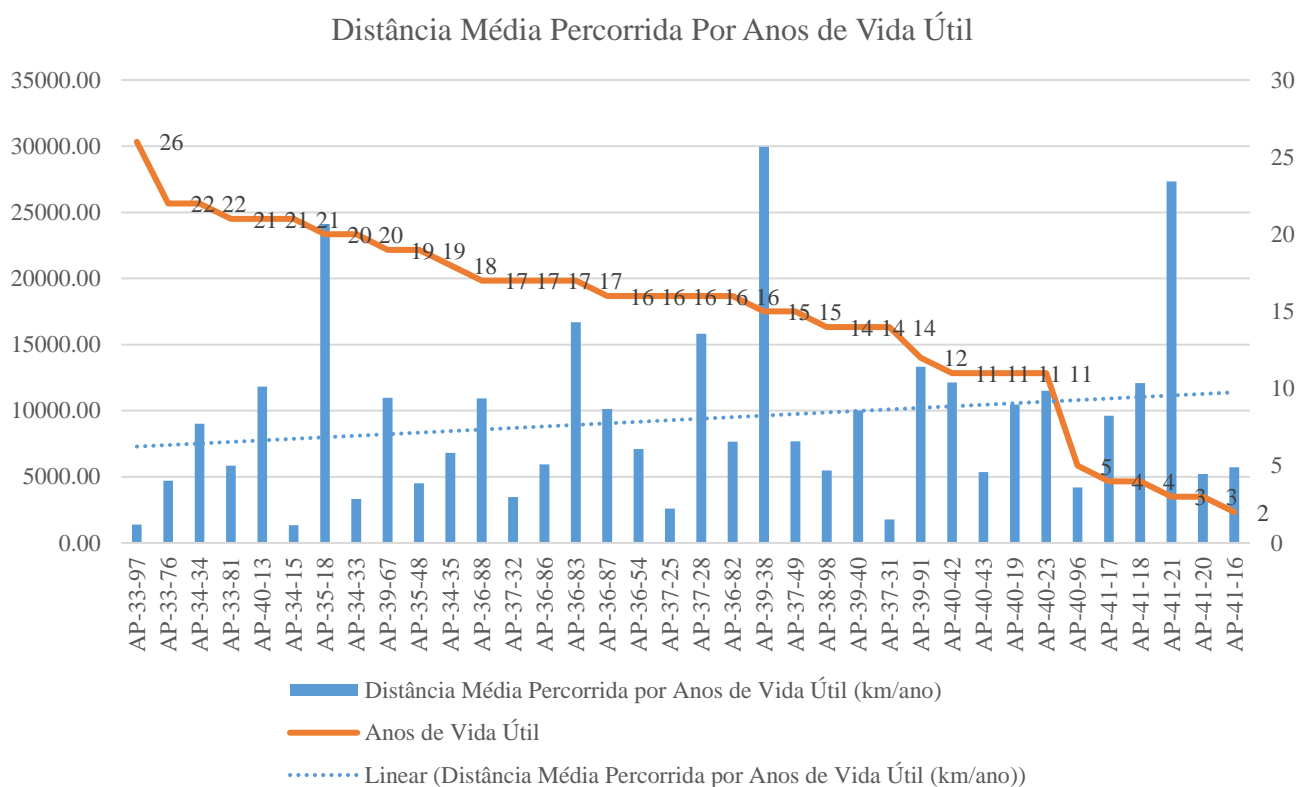


Figura 20 - Distância média percorrida por anos de vida útil.

3.3.3. Caracterização da manutenção por subgrupo de intervenção

Os subgrupos de manutenção foram criados para a implementação da metodologia DEA. Estes subgrupos são abordados de forma completa no Capítulo 4 e podem ser verificados em Apêndice C. Um resumo dos 4 subgrupos é apresentado de seguida:

- **NAOF** - Não afeta a operacionalidade funcional. A viatura não está afetada operacionalmente nem imobilizada, pelo que, pode aguardar pela próxima intervenção de manutenção.
- **LOF** - Limita a operacionalidade funcional. A viatura está limitada operacionalmente apesar de não estar imobilizada e poder ser usada desde que a utilização seja restringida qualitativamente.
- **INOP A** - Afeta por completo a operacionalidade funcional. A viatura não está imobilizada, mas não deve ser utilizada operacionalmente.
- **INOP B** - Afeta por completo a operacionalidade funcional. A viatura está imobilizada e não pode ser utilizada.

A Figura 21 apresenta um conjunto de indicadores sobre os subgrupos de manutenção. Verifica-se que as manutenções do tipo INOP B representam uma fatia de 40% nos custos totais incorridos pela DT. Ao somar as manutenções INOP B e INOP A verificamos que a fatia sobe para uma percentagem de 60%. Por norma, este tipo de manutenção ocorre sem planeamento e incorre em custos elevados, devido a avarias inesperadas no funcionamento das viaturas. Por outro lado, as manutenções NAOF e LOF são muitas vezes programadas, por serem manutenções preventivas já aconselhadas pelas marcas (revisões), ou então, são manutenções pequenas, rápidas e de menor custo. Estas manutenções representam uma fatia de 40% nos custos totais.

Adicionalmente, quando abordamos as manutenções em termos de número verificamos que as NAOF e LOF apresentam uma percentagem de 75%, enquanto que as INOP são apenas 25% das manutenções realizadas. Estamos perante a Lei de *Pareto*, 25% das manutenções realizadas representam cerca de 60% dos custos incorridos. É particularmente sobre estas manutenções que é necessário um maior foco.

Em termos de vida útil verifica-se que as manutenções do tipo INOP ocorrem em viaturas com mais anos de serviço. Ou seja, quanto mais velha é a viatura maior é a propensão a ter problemas do tipo INOP. Verifica-se mais uma vez, que a partir da média de 15 anos de serviço as manutenções são mais típicas no subgrupo das INOP. Por outro lado, as manutenções NAOF apresentam uma média muitos mais baixa, na casa dos 13 anos. Este valor justifica-se com a predominância deste tipo de manutenção em veículos mais novos. Apesar disso, é um tipo de manutenção que não deixa de ser necessária em veículos mais velhos.

Por fim, o custo médio de manutenção por quilometro percorrido não apresenta novidades e denota mais uma vez a Lei de *Pareto*. As manutenções do tipo INOP apresentam um custo médio por quilometro muito mais elevado quando comparadas com o par LOF e NAOF. É de elevada importância compreender os fatores que levam as viaturas a necessitar de mais manutenções do tipo INOP e procurar soluções para este tipo de manutenção.

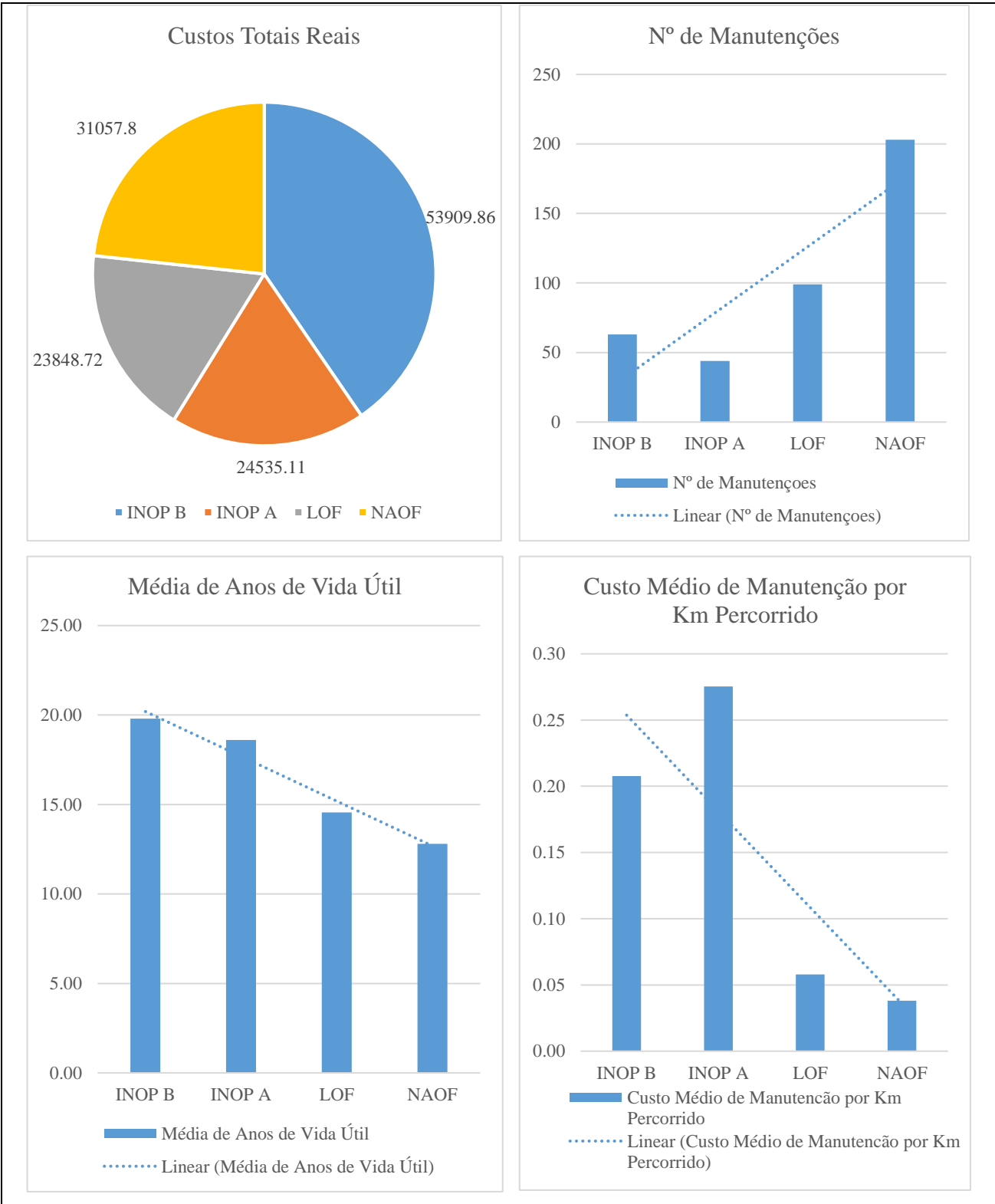


Figura 21- Indicadores de manutenção por subgrupo de intervenção.

3.3.3.1. Subgrupo INOP

Analisar de forma mais completa as manutenções do tipo INOP permite retirar melhores conclusões sobre este subgrupo. É de elevada importância perceber os fatores que influenciam este tipo de manutenção, tendo em conta que consome cerca de 60% do orçamento dedicado a viaturas de Tipo-D.

Através de uma divisão entre os anos de 2015 a 2019¹ é possível perceber a evolução temporal deste tipo de manutenção. Obtém-se assim os indicadores da Figura 22. Em termos de custos totais reais não se verifica nenhum padrão. Trata-se de um tipo de manutenção incerta, que tanto pode ocorrer com muito ou pouco impacto num dado ano e cujos valores oscilam desde as centenas aos milhares de euros. Os anos de 2016 e 2019 apresentaram os picos de gastos totalizando 64% ao longo de 5 anos.

Quanto ao número de manutenções anuais é verificável que têm vindo a aumentar anualmente, excetuando o ano de 2016. De igual forma, a média de anos de vida útil dos veículos alvo destas manutenções tem vindo a aumentar, excetuando-se 2016. De notar que em 2019 a média de anos de vida útil das viaturas que sofrem este tipo de manutenção encontra-se nos 21 anos. Também o custo médio desta manutenção tem vindo a aumentar por cada quilometro percorrido, excetuando-se 2016. Verifica-se que no ano de 2016 ocorreram mais manutenções deste tipo que em 2017 e 2018, originadas por veículos de menor idade.

Consequentemente, atendendo à linha de tendência dos indicadores, conclui-se que manutenções do tipo INOP ocorrem cada vez mais:

- Em maior quantidade;
- Em veículos com maior vida útil;
- Em veículos que percorrem menos quilómetros.

Prevê-se assim que este tipo de manutenção cresça nos gastos orçamentais da DT, motivada pelo envelhecimento da frota automóvel. Provavelmente ocorrerá um maior número de manutenções nos próximos anos e o custo médio de manutenção por cada quilometro percorrido tenderá a aumentar. Mais uma vez, as viaturas com uma idade superior a 15 anos são as maiores clientes da manutenção do tipo INOP.

¹ Excluiu-se o ano de 2020 por apenas apresentar dados até ao mês de abril.



Figura 22 - Indicadores de manutenção no subgrupo INOP.

CAPÍTULO 4

Aplicação do Método DEA à Gestão da Manutenção da Marinha

- 4.1 Aplicação do método DEA à Gestão da Manutenção da Marinha
- 4.2 Análise complementar por matrícula

4. Aplicação do Modelo DEA à Gestão da Manutenção da Marinha

O presente capítulo é constituído por duas seções. A primeira seção é a aplicação prática do método DEA na análise dos dados de manutenção da DT. Por fim, na segunda e última seção realiza-se uma análise complementar em que cada DMU é diferenciada pela matrícula do veículo.

4.1. Aplicação do método DEA à gestão da manutenção da Marinha

4.1.1. Escolha do *Software*

Para a realização da análise de eficiência, através da utilização da metodologia DEA, torna-se necessário a escolha de um programa de suporte. Os critérios de seleção centraram-se na escolha de um *software* de licença livre, aceitado pela comunidade e com possibilidade de leitura de pelo menos 8 DMUs e 5 variáveis de *input/output*. A procura foi realizada no motor de pesquisa da Google, na qual se destacaram dois programas.

Para a análise DEA, pode-se, por exemplo, utilizar o *software online* DEEOS, disponível no *website* <https://www.deaos.com> e sem instalação necessária. Este *software* de licença semilivre, é dedicado aos vários modelos DEA (modelos com economias de escala e orientados a *input* ou *output*) apresentando uma computação estatística e gráfica. Os modelos estão disponíveis com orientação a *input* ou *output*. É um *software* amigável do utilizador, principalmente na obtenção e apresentação dos resultados. Permite a importação dos dados em ficheiro *Microsoft Excel* e diversos formatos de exportação como XLS, XLSX, PDF, XML e HTML. No entanto, a versão disponível para uso gratuito é limitada a 15 DMUs e 4 variáveis de *input/output*.

Por outro lado, pode-se utilizar o *software* DEAP v2.1 desenvolvido por T. Coelli em 1996, disponível no *website* <https://economics.uq.edu.au/cepa/software>. Este *software* é de licença livre e compatível com plataformas Windows. É um *software* codificado em *Fortran* e dedicado aos modelos DEA padrão, apresentando os resultados em tabelas numéricas. A interface é amigável do utilizador, principalmente na obtenção e apresentação dos resultados. Permite a importação e exportação de dados em ficheiro *.txt* extraídos de *Microsoft Excel* e não apresenta limites de entradas de DMUs ou variáveis.

Ambos os programas permitem determinar a eficiência das DMUs, apresentam níveis de melhoria (metas) para cada DMU, apresentam o cálculo das folgas de eficiência, apresentam os pares de cada DMU, apresentam um resumo dos resultados, permitem a escolha de economias de escala e modelos orientados a *input* ou *output*.

Perante os programas abordados, decidiu-se utilizar unicamente o *software* DEAP 2.1, uma vez que este é de licença livre, permite desenvolver todas as tarefas objetivo de estudo, é amigável ao utilizador, é usado amplamente pela comunidade e não apresenta limitações de leituras de DMUs ou variáveis.

4.1.2. Consideração das Variáveis

Através da revisão de vários artigos foi preparada uma lista de variáveis a serem consideradas para o estudo. Esta lista contém as unidades pelas quais as variáveis são medidas, assim como, as possíveis dificuldades associadas. A maioria das variáveis é fácil de definir como *input* ou *output*, no entanto, a posição de algumas variáveis não é evidente. Assumiu-se que as variáveis qualitativas poderiam ser obtidas através de variáveis quantitativas, devidamente conectadas.

4.1.2.1. Variáveis de *input*

- Tempo médio de trabalho (tempo medido em dias desde o início da ordem até à realização da manutenção);
- Espaço total de instalações (m^2 de área de oficina);
- Custo total da manutenção (custo da mão de obra e material);
- Número de pessoas da organização envolvidas no processo (pessoal de Marinha necessário para a realização da manutenção);
- Custo médio de estrutura (soma dos custos indiretos ligados ao funcionamento de uma empresa e que não são vinculados à produção).

4.1.2.2. Variáveis de *output*

- Distância média de condução após uma manutenção (distância entre as manutenções medida em km);
- Tempo médio entre manutenções (tempo entre manutenções medido em dias);

- Tempo médio de condução entre manutenções (tempo de condução entre manutenções medido em dias);
- Número total de veículos reparados (soma de veículos reparados);
- Número total de manutenções canceladas (soma de cancelamentos);
- Número total de manutenções mal realizadas (soma de manutenções mal realizadas);
- Número total de acidentes. Mesmo que pudesse ser um indicador importante da qualidade da manutenção, foi excluído da análise por ser extremamente difícil de determinar se um acidente está ligado a uma falha de manutenção.

4.1.2.3. Marcas e modelos de veículos

Apesar do presente estudo centrar-se apenas na eficiência da manutenção em Viaturas de Tipo-D é possível aferir que existem várias marcas de veículos de Tipo-D, cada uma com diferentes modelos. Este fator influencia a análise de eficiência e deve ser tido em conta para uma comparação correta de cada DMU. Algumas alternativas para solução foram consideradas:

- O modelo do veículo ser considerado como uma variável de *output*;
- O modelo do veículo ser considerado como uma variável de *input*;
- Usar o modelo do veículo como um fator de ajuste de *input* ou *output* (p.e. no custo total da manutenção, no tempo médio de trabalho ou no número de veículos reparados).

Após a análise exploratória dos dados e da consideração das várias alternativas, foi possível concluir que qualquer modelo de veículo é intervencionado de forma aleatória em qualquer uma das DMUs, pelo que, não existe um modelo cuja manutenção seja única e exclusiva de uma DMU. Por outras palavras, como nenhuma DMU é especializada num só modelo, não se prevê que os resultados da análise sejam influenciados pela diferença dos mesmos. Assim, foi decidido apenas analisar a diferença de modelos na análise exploratória dos dados. Consequentemente, este fator foi excluído das variáveis a considerar.

4.1.3. Amostra

Como foi explicado anteriormente no Capítulo 2, a manutenção da DT pode ser realizada pela oficina interna (serviço técnico da DT), ou no caso de esta não apresentar capacidade para tal, por uma oficina externa, pertencente à indústria privada. Considerando esta diferença, foi realizada a primeira divisão de DMUs em Oficina Interna (OI) e Oficina Externa (OE). A segunda divisão de DMUs seria de acordo com o tipo de intervenção realizada, no entanto, a manutenção de viaturas envolve diversos e diferenciados tipos de intervenções (p.e. intervenção no motor, na carroçaria, no sistema de travagem, no sistema de direção, etc.). Analisar cada tipo de intervenção de forma separada e por cada oficina, como se de uma única DMU se tratasse, tornaria o estudo demasiado demorado, intensivo e poderia levar a erros de enviesamento. Como solução a este problema foram criados subgrupos de intervenções para cada DMU. As regras para a criação dos subgrupos foram as seguintes:

- Grau de afetação na operacionalidade funcional da viatura:
 - Não afeta a operacionalidade funcional;
 - Limita a operacionalidade funcional;
 - Afeta por completo a operacionalidade funcional;
- Grau de imobilização da viatura:
 - A viatura não está imobilizada;
 - A viatura está imobilizada;

Deste modo criou-se quatro subgrupos de intervenção para cada DMU:

- **NAOF;**
- **LOF;**
- **INOP A;**
- **INOP B.**

Concluindo, o estudo foi realizado através da análise de oito DMUs:

OI NAOF (1); OI LOF (2); OI INOP A (3); OI INOP B (4); OE NAOF (5); OE LOF (6); OE INOP A (7); OE INOP B (8).

Para executar a DEA, coletou-se uma amostra de dados que cobre 5 anos. Os dados foram recolhidos entre o período de 2015 a 2020. A criação dos subgrupos de

intervenção e o resultado da compilação dos dados encontra-se em Apêndice C e D, respetivamente.

4.1.4. Seleção das Variáveis

Após a consideração das variáveis torna-se necessário selecionar aquelas que farão parte do estudo. A seleção das variáveis foi realizada através de uma avaliação qualitativa. As principais considerações foram as seguintes:

- Até que ponto a variável parece estar relacionada com a eficiência geral;
- Correlações entre variáveis (p.e. se contêm informação semelhante ou sobreposta apenas uma é usada);
- Disponibilidade dos dados.

Assim, das variáveis candidatas a análise, foram selecionadas para o modelo as apresentadas na Figura 23:

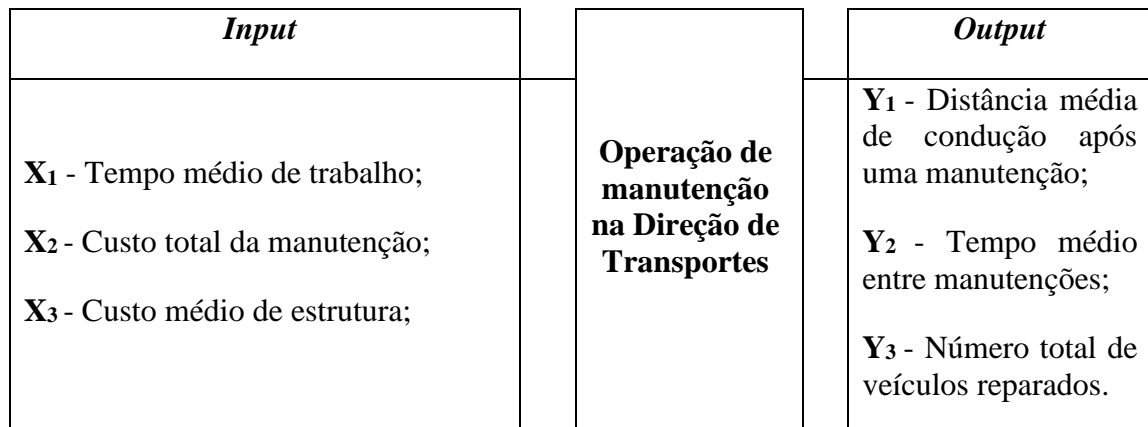


Figura 23 - Modelo do processo da operação de manutenção na DT.

De forma a determinar se as variáveis contêm informação semelhante ou sobreposta foi realizada uma análise de correlação. Os resultados obtidos são os apresentados na seguinte Tabela 12:

Tabela 12 – Correlação de Pearson entre variáveis.

Variável 1	Variável 2	Correlação	Grau
X₁	X₃	-0.186	Desprezível
X₁	X₂	-0.04	Desprezível
X₂	X₃	0.801	Forte
Y₁	Y₃	0.25	Desprezível
Y₁	Y₂	-0.045	Desprezível
Y₂	Y₃	0.619	Moderada

Através da análise da Tabela 12 verifica-se que apenas existe uma correlação forte. Esta correlação é de valor 0.8 das variáveis de *input* X₂ e X₃, pelo que será de seguida explicada a razão desta correlação. Excluindo este valor de correlação forte, conclui-se que nenhuma das variáveis contem informação sobreposta e que a utilização de todas as seleccionadas é uma mais valia na avaliação da eficiência do processo.

Na DT não existe uma tabulação do custo médio de estrutura (*input* X₃), pelo que esta variável teve de ser definida de acordo com alguns pressupostos. Estes custos representam as despesas indiretas que não são imputadas diretamente no custo total da manutenção (*input* X₂). Independentemente de serem realizadas intervenções internas ou externas, estes custos existem e incorporam desde salários, oficina, depreciações, seguro, água, eletricidade, limpeza, internet, telefone, entre outros. No entanto, apesar de existirem quer a manutenção seja realizada em OI ou OE, são custos que são muito menores em intervenções externas. Assim, definiu-se que o custo médio de estrutura representaria 35% do custo total de manutenção para a OI e 10% do custo total de manutenção para a OE.

Entre as variáveis de *input* e *output*, apenas o *input* “X₃ - Custo médio de estrutura” é uma variável não discricionária. Os custos que a DT incorre para permanecer em funcionamento não estão diretamente relacionados com uma manutenção específica, mas sim com as operações da DT num todo. Por conseguinte, o valor deste *input* encontra-se para lá do controlo de gestão. Além disso, algumas variáveis consideradas não estavam prontamente disponíveis, como por exemplo, o número total de manutenções canceladas e o número total de manutenções mal realizadas. Na realização deste tipo de estudos, é difícil, mas importante, que todos os dados estejam disponíveis, completos e corretamente inseridos nas bases de dados. Variáveis importantes como

estas, apresentam uma enorme valia na avaliação de eficiência e a sua ausência pode levar a resultados de enviesados.

4.1.5. Análise Envoltória dos Dados

Alguns autores afirmam que os modelos DEA são baseados em fundamentos da microeconomia, utilizando conceitos como produtividade, eficácia e eficiência técnica. A definição destes conceitos é apresentada como (Ferreira & Gomes, 2009):

- Produtividade: Razão entre *output* e *input*;
- Eficácia: Alcance da meta estabelecida sem consideração pela utilização de recursos;
- Eficiência técnica: Comparação entre o *output* produzido por unidade de *input* consumido e o que poderia ter sido produzido eliminando-se as perdas desnecessárias.

São dois os modelos DEA clássicos e originários desta técnica. O modelo DEA-CCR (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978), de retorno constante de escala (RCE), considera que um aumento de *inputs* provoca um aumento proporcional de *outputs*. A medida de eficiência do modelo DEA-CCR é uma eficiência técnica. Já o modelo DEA-BCC (Banker, Charnes, & Cooper, 1984), de retorno variável de escala (RVE), considera que as alterações nos *inputs* provocam variações não proporcionais nos *outputs*. Este modelo consegue determinar se existe alguma ineficiência proveniente das condições desvantajosas sobre quais as DMUs operam e que não estejam diretamente ligadas às variáveis de *input* ou *output*. A diferença entre ambos é o acréscimo de um termo livre, considerado como fator de escala. A medida de eficiência do modelo DEA-BCC é uma eficiência técnica pura, ou seja, uma medida de eficiência que não considera a eficiência de escala. É assim possível decompor eficiência técnica em eficiência técnica pura e eficiência de escala. Ambos os modelos podem ser orientados a *input* ou *output*. Na orientação a *input*, o objetivo é minimizar os recursos usados, sem alterar o nível de produção. Já na orientação a *output*, busca-se aumentar o produto, sem mudar a quantidade de recursos.

A metodologia utilizada na análise de eficiência é baseada no modelo DEA-BCC orientado a *input*. Adicionalmente é apresentado o resultado da eficiência técnica através

do modelo DEA-CCR. A comparação entre ambos os métodos permite determinar a presença de eficiências de escala, provenientes das condições em que operam as DMUs. Repare-se que a obtenção de uma eficiência técnica de 1 pressupõe uma eficiência técnica pura de 1 e uma eficiência de escala de 1. Por muitas vezes, uma DMU obtém valores de eficiência técnica pura de 1, mas apresenta ineficiências de escala. Assim, a eficiência técnica calculada pelo modelo DEA-CCR será < 1 . A comparação entre os dois modelos consegue determinar as condições em que opera a DMU e melhorar a sua eficiência de escala.

A orientação a *input* deriva do objetivo de identificar os recursos que estão a ser indevidamente usados, de forma a ser possível a sua redução. Esta decisão deriva dos sucessivos cortes nas dotações orçamentais da DT, provenientes do Orçamento de Estado. Detalhes dos modelos DEA-CCR e DEA-BCC, bem como uma descrição completa da metodologia DEA, pode ser encontrada em (Cooper, Seiford, & Tone, 2007). Para compreensão do leitor menos familiarizado com os modelos, encontra-se em Anexo C o modelo DEA-CCR orientado a *input* e em Anexo D o modelo DEA-BCC orientado a *input*.

A análise foi aplicada aos dados recolhidos, da base de dados da DT, entre o período de 2015 a 2020. Antes da coleta de dados, foi assegurada a cooperação dos militares e civis do Gabinete de Gestão de Viaturas da DT e os procedimentos foram desenvolvidos com a ajuda do Diretor de Gabinete. A solução do modelo forneceu informações de gestão que podem ser usadas para julgar o desempenho organizacional (1), identificar ineficiências (2), localizar recursos ineficientes (3) e identificar as unidades eficientes para a realização de comparação (4).

4.1.6. Resultados ao longo dos cinco anos

Para efetuar a avaliação de eficiência através da DEA, foram inseridos no programa DEAP, os dados apresentados na Tabela 13. Tal como referido anteriormente, estes dados foram extraídos e transformados de acordo com o processo ETL realizado junto da DT. Simultaneamente, realizou-se uma análise DEA no programa OSDEA, de forma a validar os resultados obtidos.

Tabela 13 - Dados em estudo.

DMU	<i>Inputs</i>			<i>Outputs</i>		
	X ₁ - Tempo médio de trabalho	X ₂ - Custo total da manutenção	X ₃ - Custo médio de estrutura	Y ₁ - Distância média de condução após uma manutenção	Y ₂ - Tempo médio entre manutenções	Y ₃ - Número total de veículos reparados
OI NAOF (1)	35.2	3265.1	1142.8	2836.7	114.7	31.0
OI LOF (2)	32.0	3127.8	1094.7	2470.6	103.7	27.0
OI INOP A (3)	62.5	3991.0	1396.9	6329.3	63.1	22.0
OI INOP B (4)	28.5	9971.9	3490.2	3569.3	98.3	30.0
OE NAOF (5)	41.8	27792.7	2779.3	4905.3	167.6	172.0
OE LOF (6)	33.7	20720.9	2072.1	3652.4	105.7	72.0
OE INOP A (7)	39.0	20544.1	2054.4	2125.6	126.7	22.0
OE INOP B (8)	40.1	43938.0	4393.8	5346.2	152.7	33.0
Mínimo	28.5	3127.8	1094.7	2125.6	63.1	22.0
Máximo	62.5	43938.0	4393.8	6329.3	167.6	172.0
Média	39.1	16668.9	2303.0	3904.4	116.6	51.1

A análise que se realiza de seguida resume os resultados de cada DMU, enfatizando os mais importantes. A Tabela 14 apresenta os valores de eficiência obtidos. Os resultados extraídos do programa DEAP, podem ser consultados por completo em Apêndice E.

Tabela 14 - Valores de eficiência.

DMU	Pontuação de Eficiência				Eficiente
	RCE % (Eficiência técnica)	RVE % (Eficiência técnica pura)	EE %		
OI NAOF (1)	100%	100%	100%	-	Sim
OI LOF (2)	99.3%	100%	99.3%	Crescente	Não
OI INOP A (3)	100%	100%	100%	-	Sim
OI INOP B (4)	100%	100%	100%	-	Sim
OE NAOF (5)	100%	100%	100%	-	Sim
OE LOF (6)	93.8%	100%	93.8%	Crescente	Não
OE INOP A (7)	87.7%	90.7%	96.7%	Crescente	Não
OE INOP B (8)	100%	100%	100%	-	Sim
Mínimo	87.7%	90.7%	93.8%	-	
Máximo	100%	100%	100%	-	
Média	97.6%	98.8%	98.7%	-	
Nota	RCE = Retorno Constantes de Escala (DEA-CCR)				
	RVE = Retorno Variável de Escala (DEA-BCC)				
	EE = Eficiência de Escala = RCE / RVE				

4.1.6.1. Análise dos resultados obtidos com o modelo CCR

Observando-se a Tabela 14 é possível constatar que o modelo CCR apresenta 5 DMUs eficientes (1; 3; 4; 5 e 8) e 3 DMUs ineficientes (2; 6 e 7). O resultado com valor mais baixo é do da DMU 7 - OE INOP A, com um valor de eficiência de 87.7%, seguida de próximo pela DMU 6 - OE LOF, com um valor de eficiência de 93.8%. É de notar que estas DMUs estão a usar apenas 88% e 94%, respetivamente, do seu potencial. O valor de eficiência da DMU 2 – OI LOF praticamente de 1, localizando-se em 99.3%. É possível constatar que os processos realizados para as intervenções LOF, tanto em OI e OE, são considerados ineficientes. A média de eficiência verificada é de 97.6%, pelo que se conclui que as DMUs estão a operar relativamente bem e dentro dos mesmo parâmetros. Mesmo assim, existe possibilidades de melhorias e não se pode desconsiderar a relatividade dos resultados, ou seja, cada resultado é relativo à/às DMUs com melhor desempenho. Isto quer dizer que mesmo uma DMU eficiente pode alterar o seu processo de negócio para um ainda mais eficiente. Se isso acontecer, a eficiência relativa das restantes DMUs irá baixar e a consequentemente a média de eficiência.

4.1.6.2. Análise dos resultados obtidos com o modelo BCC

Observando-se a Tabela 14 é possível constatar que o modelo BCC apresenta 7 DMUs eficientes (1; 2; 3; 4; 5; 6 e 8) e 1 DMU ineficiente (7). O resultado de eficiência da DMU 7 - OE INOP A é de 90.7%. É de notar que a DMU 7 está a usar apenas 91% do seu potencial. A média de eficiência verificada é de 98.8%, pelo que se conclui que as DMUs estão a operar relativamente bem e dentro dos mesmo parâmetros.

A comparação entre o modelo BCC e o CCR permite retirar algumas conclusões quanto à eficiência de escala. A DMU 2 – OI LOF, é uma DMU que apenas apresenta ineficiência técnica (RCE), quer isto dizer, que a eficiência técnica pura desta DMU é de 100% (RVE) e a ineficiência apresentada advém de eficiências de escala (EE). A eficiência de escala desta DMU é crescente e no valor de 99.3%. De igual forma, a DMU 6 – OE LOF, apenas apresenta ineficiência técnica. Isto é, em termos técnicos puros esta DMU é eficiente, no entanto, em termos de eficiências de escala, esta DMU é crescente e apresenta um valor de apenas 93.8%. Por fim, a DMU 7 – OE INOP A, apresenta uma eficiência técnica muito próxima da sua eficiência técnica pura. Isto indica que em termos técnicos puros esta DMU ainda não atingiu a eficiência, no entanto, em termos de

eficiências de escala, esta DMU é quase eficiente. A eficiência de escala desta DMU é crescente e apresenta um valor de 96.7%. É verificável com estes resultados que as DMUs 2 e 6 estão a operar em baixa escala, quer isto dizer, que para se tornarem eficientes, a DT tem de aumentar a escala para a realização destas operações. Ambas as DMUs são referentes a intervenções LOF, no entanto, a OI apresenta praticamente uma eficiência de escala de 100%, pelo que se conclui, que mais operações poderiam ser realizadas internamente, de forma a alcançar melhores metas de eficiência. Para isto ocorrer era necessário expandir a capacidade de intervenção através de um aumento nos *inputs*. Este aumento de *input* baixaria o custo de produção médio e incrementaria o produto obtido (*outputs*). Já em relação à DMU 7 verifica-se que não opera em eficiência técnica pura nem em eficiência de escala. O melhor a fazer seria, mais uma vez, investir em capacidade de intervenção da OI, de forma a reduzir custos totais e incrementar capacidade de operação.

Os próximos resultados são referentes apenas à metodologia DEA-BCC.

4.1.6.3. Potencial de redução de *input*

Nas próximas análises procura-se verificar mais pormenorizadamente os resultados. Nomeadamente uma análise pormenorizada aos valores potenciais de redução de *input*, uma análise às DMUs que se destacam como referências para cada DMU ineficiente e uma análise individual a cada DMU ineficiente, no sentido de alcançar as melhorias necessárias para a eficiência pretendida. Por fim será apresentada a projeção objetivo (100% eficiente).

Através da análise da tabela 15 é possível verificar que existe um potencial de redução radial de *input*. Este potencial pode ser calculado de acordo com:

$$\text{Potencial de redução radial de input da DMU}_i = 1 - \text{Pontuação de Eficiência}_i$$

A Tabela 15 resume esses valores:

Tabela 15 - Potencial de redução radial de input.

DMU	Input (Original)			Potencial de redução radial de input %	Projeção input			Potencial de redução radial de input %	Projeção input		
	X ₁	X ₂	X ₃	RCE	X ₁	X ₂	X ₃	RVE	X ₁	X ₂	X ₃
OI NAOF (1)	35	3265	1143	0%	35	3265	1143	0%	35	3265	1143
OI LOF (2)	32	3128	1095	0.7%	32	3106	1087	0%	32	3128	1095
OI INOP A (3)	63	3991	1397	0%	63	3991	1397	0%	63	3991	1397
OI INOP B (4)	29	9972	3490	0%	29	9972	3490	0%	29	9972	3490
OE NAOF (5)	42	27793	2779	0%	42	27793	2779	0%	42	27793	2779
OE LOF (6)	34	20721	2072	6.2%	32	19436	1944	0%	34	20721	2072
OE INOP A (7)	39	20544	2054	12.3%	34	18017	1802	9.3%	35	18633	1863
OE INOP B (8)	40	43938	4394	0%	40	43938	4394	0%	40	43938	4394
Nota	X ₁ = Tempo médio de trabalho X ₂ = Custo total da manutenção X ₃ = Custo médio de estrutura										

Como seria de esperar, as DMUs eficientes apresentam potenciais de redução radial de 0. Estas DMUs apresentam este resultado por já se encontrarem na linha de fronteira de eficiência, logo o movimento radial é nulo. Já as DMUs ineficientes apresentam potências de redução de $input > 0$. O potencial de redução com RCE das DMUs 2 e 6 advém do incremento das EE anteriormente abordado. Já o potencial de redução com RVE da DMU 7 é derivado da ineficiência técnica pura desta operação. Será sobre esta DMU que se centrará as próximas análises.

As reduções de *input* podem ser realizadas aproximando as operações destas DMUs, das operações das suas DMUs pares. A análise que se segue permitirá uma melhor perceção da forma de realização desta aproximação.

4.1.6.4. DMUs de referência

A melhor forma de aperfeiçoar a eficiência de uma DMU é aproximá-la às suas DMUs pares. Se queremos tornar uma DMU mais eficiente, devemos fazer com que ela imite os processos das suas DMUs pares. Só com estas mudanças é que se garante um incremento e melhoramento da eficiência. A seguinte Tabela 16 apresenta as DMUs pares das DMUs ineficientes.

Tabela 16 - DMUs de referência.

DMU	Pares % (Lambdas)			Nº de vezes como Referência
OI NAOF (1)	-			0
OI LOF (2)	-			1
OI INOP A (3)	-			0
OI INOP B (4)	-			1
OE NAOF (5)	-			1
OE LOF (6)	-			0
OE INOP A (7)	OI LOF (2) - 57%	OE NAOF (5) - 37%	OI INOP B (4) - 6%	0
OE INOP B (8)	-			0

Como se pode desde logo verificar, são 3 as DMUs referência (2, 4 e 5) para a DMU 7. A DMU com maior percentagem de importância relativa é a DMU OI LOF (2) com 57%. Verifica-se que as DMUs de OI representam uma referência de 64% para esta DMU. Também a DMU OE NAOF é apresentada como uma DMU referência, num valor de 37%. Conclui-se mais uma vez com estes resultados, que a melhor forma de melhorar esta DMU é aproximá-la aos processos realizados em OI, principalmente aos processos da DMU 2. Por outras palavras, a passagem destas manutenções para a OI permitirá uma maior eficiência.

4.1.6.5. Resultados individuais

Uma das melhores formas de avaliar uma DMU ao pormenor é apurar os resultados dessa DMU individualmente. A única DMU obtida com ineficiência através do método DEA-BCC é a DMU 7, pelo que, será abordada de seguida. Através da Tabela 17 podemos analisar quais os pontos que necessitam de alteração, de forma a alcançar a eficiência técnica pura.

Tabela 17 - Resultados da DMU OE INOP A (7).

Resultados da DMU OE INOP A (7)				
Eficiência técnica pura				0.907
Eficiência de escala				0.967
Variável:	Valor Original	Movimento Radial	Movimento de Folga	Projeção objetivo
X ₁ - Tempo médio de trabalho	39	-3.6	0	35.4
X ₂ - Custo total da manutenção	20544.1	-1918.8	-6051.6	12573.7
X ₃ - Custo médio de estrutura	2054.4	-191.9	0	1862.5
Y ₁ - Distância média de condução após uma manutenção	2125.6	0	1304.3	3429.9
Y ₂ - Tempo médio entre manutenções	126.7	0	0	126.7
Y ₃ - Número total de veículos reparados	22	0	58.2	80.2
Lista de Pares (Lambda %)	OI LOF (2) - 57.1%; OE NAOF (5) - 36.5%; OI INOP B (4) - 6.4%			

A DMU 7 apresenta uma eficiência técnica pura de 90.7 % e uma eficiência de escala de 96.7%. Esta DMU está a atuar sobre uma eficiência de escala crescente. Melhorando as operações da DT 9.3% (100 - 90.7) dos *inputs* podem ser reduzidos. Nas intervenções em INOP A realizadas em OE, a DT demorou em média 39 dias de trabalho, gastou na manutenção 20544€ e gastou em estrutura 2054€. No entanto, a DT poderia produzir o mesmo *output* com menor *input*: 35.4 dias de trabalho (39 - 3.6); 12573.7€ de gastos na manutenção (20544.1 - 1918.8 - 6051.6) e 1862.5€ de gastos em estrutura (2054.4 - 191.9)

A redução de *input* X₁ e X₃ é igual a 9.3% do valor original, no entanto, o caso do *input* X₂ é relativamente diferente. Para tornar-se eficiente esta DMU tem de reduzir não só 1918.8 (redução de 9.3% do movimento radial) mas também, um adicional de 6051.6 (redução do movimento de folga). A redução radial permite que esta DMU 7 se encontre na fronteira de eficiência, porém, afastada da DMU 2 (que se encontra na mesma linha de fronteira). A DMU 2 é o seu maior par e é possível o movimento de aproximação na

mesma linha de fronteira, ocorrendo uma redução pelo movimento negativo da folga. O mesmo acontece com $|CF|$ na Figura 6.

Em suma, a DT nos processos OE INOP A tem de reduzir o *input* X_2 em 7970.4 (1918.8 + 6051.6), o que representa 38.8% $[(7970.4 / 12573.7) * 100]$. Estes dados apontam para custos de intervenções em OE superiores em 39%, comparando com os custos de realização em OI. No caso da DMU 7 não realizar nenhuma das reduções abordadas, deveria ser capaz de aumentar o *output* Y_1 em 1304.3, para valores de 3429.9 e de aumentar o *output* Y_3 em 58.2, para valores de 80.2.

De forma a melhorar a sua eficiência, esta DMU tem de incrementar as práticas das DMUs 2, 4 e 5. O peso Lambda associado a cada DMU corresponde à sua importância relativa dentro do grupo de pares. Idealmente a DMU 7 deveria praticar uma mistura de 57.1% da DMU 2, 36.5% da DMU 5 e 6.4% da DMU 4.

4.1.6.6. Projeção objetivo

Por fim, através da junção de todas as análises obtém-se a projeção objetivo para as operações da DT, como se verifica na Tabela 18. O alcance destes objetivos permitiria a obtenção de uma eficiência de 100% para todas as DMUs.

Tabela 18 - Projeção objetivo.

	Projeção Objetivo					
	Inputs			Outputs		
DMU	X_1 - Tempo médio de trabalho	X_2 - Custo total da manutenção	X_3 - Custo médio de estrutura	Y_1 - Distância média de condução após uma manutenção	Y_2 - Tempo médio entre manutenções	Y_3 - Número total de veículos reparados
OI NAOF (1)	35.2	3265.1	1142.8	2836.7	114.7	31.0
OI LOF (2)	32.0	3127.8	1094.7	2470.6	103.7	27.0
OI INOP A (3)	62.5	3991.0	1396.9	6329.3	63.1	22.0
OI INOP B (4)	28.5	9971.9	3490.2	3569.3	98.3	30.0
OE NAOF (5)	41.8	27792.7	2779.3	4905.3	167.6	172.0
OE LOF (6)	33.7	20720.9	2072.1	3652.4	105.7	72.0
OE INOP A (7)	35.4	12573.7	1862.5	3429.9	126.7	80.2
OE INOP B (8)	40.1	43938.0	4393.8	5346.2	152.7	33.0
Mínimo	28.5	3127.8	1094.7	2470.6	63.1	22.0
Máximo	62.5	43938.0	4393.8	6329.3	167.6	172.0
Média	38.6	15672.6	2279.0	4067.5	116.6	58.4

4.2. Análise complementar por veículo

Tal como abordado no capítulo anterior, os dados para a realização da análise de eficiência foram extraídos da base de dados da DT segundo o processo ETL. Não obstante, estes dados foram extraídos por seleção de veículo, ou seja, por matrícula de cada viatura do Tipo-D.

Tendo em conta o agrupamento dos dados, entende-se como benéfico um estudo complementar a cada uma das viaturas em particular. Esta análise de eficiência complementar, apesar de usar os mesmo dados, difere da precedente nas suas DMUs. Nesta, cada viatura (matrícula) funciona como uma DMU, ou seja, a avaliação de eficiência será sobre uma viatura específica em relação às restantes. Esta análise permitirá retirar conclusões sobre o estado do parque automóvel da Marinha

Para efetuar a avaliação de eficiência através da DEA, foram inseridos no programa DEAP, os dados apresentados em Apêndice F. Simultaneamente, realizou-se uma análise DEA no programa OSDEA, de forma a validar os resultados obtidos.

A análise que se realiza de seguida resume os resultados de cada DMU, enfatizando os mais importantes. A Tabela 19 apresenta os valores de eficiência obtidos. Os resultados extraídos do programa DEAP, podem ser consultados por completo em Apêndice G.

Tabela 19 - Valores de eficiência, análise complementar por matrícula.

DMU	Pontuação de Eficiência				Eficiente
	RCE %	RVE %	EE %		
	(Eficiência técnica)	(Eficiência técnica pura)			
AP-33-76	7%	10%	75%	Crescente	Não
AP-33-81	12%	27%	45%	Crescente	Não
AP-33-97	48%	50%	96%	Crescente	Não
AP-34-15	16%	32%	51%	Crescente	Não
AP-34-33	22%	30%	75%	Crescente	Não
AP-34-34	15%	19%	81%	Crescente	Não
AP-34-35	13%	21%	63%	Crescente	Não
AP-35-18	33%	34%	98%	Crescente	Não
AP-35-48	22%	26%	83%	Crescente	Não
AP-36-54	8%	11%	70%	Crescente	Não
AP-36-82	11%	14%	79%	Crescente	Não
AP-36-83	8%	10%	86%	Crescente	Não
AP-36-86	4%	7%	65%	Crescente	Não
AP-36-87	6%	7%	81%	Crescente	Não
AP-36-88	17%	23%	76%	Crescente	Não
AP-37-25	56%	67%	83%	Crescente	Não
AP-37-28	35%	39%	91%	Crescente	Não
AP-37-31	19%	25%	76%	Crescente	Não
AP-37-32	11%	14%	75%	Crescente	Não
AP-37-49	16%	23%	72%	Crescente	Não
AP-38-98	24%	43%	57%	Crescente	Não
AP-39-38	19%	20%	94%	Crescente	Não
AP-39-40	78%	79%	98%	Crescente	Não
AP-39-67	23%	26%	88%	Crescente	Não
AP-39-91	38%	41%	95%	Crescente	Não
AP-40-13	45%	46%	98%	Crescente	Não
AP-40-19	26%	27%	94%	Crescente	Não
AP-40-23	36%	38%	95%	Crescente	Não
AP-40-42	30%	32%	92%	Crescente	Não
AP-40-43	29%	38%	76%	Crescente	Não
AP-40-96	100%	100%	100%	-	Sim
AP-41-16	54%	82%	66%	Crescente	Não
AP-41-17	49%	51%	96%	Crescente	Não
AP-41-18	100%	100%	100%	-	Sim
AP-41-19	73%	100%	73%	Crescente	Não
AP-41-20	14%	18%	80%	Crescente	Não
AP-41-21	45%	100%	45%	Decrescente	Não
Mínimo	4%	7%	45%	-	
Máximo	100%	100%	100%	-	
Média	31%	39%	80%	-	

4.2.1. Análise dos resultados obtidos com o modelo CCR

Observando-se a Tabela 19 é possível constatar que o modelo CCR apresenta 2 DMUs eficientes (AP-40-96; AP-41-18) e 35 DMUs ineficientes. O resultado com valor mais baixo é o da DMU AP-36-86, com um valor de eficiência de 4%. A média de eficiência verificada é de 31%. Conclui-se que a maior parte das viaturas apresenta uma eficiência muito menor em relação a um pequeno grupo de viaturas eficientes.

4.2.2. Análise dos resultados obtidos com o modelo BCC

Observando-se a Tabela 19 é possível constatar que o modelo BCC apresenta 4 DMUs eficientes (AP-40-96; AP-41-18; AP-41-19; AP-41-21) e 33 DMUs ineficientes. Os resultados com valor mais baixo é o das DMUs AP-36-86 e AP-36-87, com um valor de eficiência de 7%. A média de eficiência verificada é de 39%. Apesar da média ser relativamente mais elevada que o modelo CCR, constata-se que se encontra muito abaixo de valores considerados ideais ($60\% \approx 70\%$).

Comparando com o modelo CCR é possível aferir que a maior parte das DMUs está a operar com EE crescente, na média de 80%. Conclui-se de uma forma geral que melhorando a eficiência na manutenção, as viaturas poderão operar em maior escala. Apenas uma DMU (AP-41-21) apresenta uma EE decrescente de 45%. Este valor é justificado por um acidente ocorrido em 2017. Do acidente resultaram custos elevados na reparação da viatura, acabando por comprometer os gastos contabilizados na manutenção.

Nas próximas análises procura-se verificar mais pormenorizadamente os resultados. Nomeadamente uma análise pormenorizada às DMUs que se destacam como referências para cada DMU ineficiente e uma análise da idade, marca e acidentes de cada DMU. O baixo resultado de eficiência média pode ser explicado através de vários fatores como: idade das viaturas, marca das viaturas, acidentes de trabalho, extravio de dados, entre outros. Com o objetivo de retirar conclusões sobre o estado do parque automóvel da Marinha, torna-se importante analisar a influência destes fatores nos resultados obtidos.

Os próximos resultados são referentes apenas à metodologia DEA-BCC.

4.2.3. DMUs de referência

A Tabela 20 apresenta as DMUs pares das DMUs ineficientes. Através desta tabela podemos verificar as viaturas que são consideradas como uma referência para as restantes.

Tabela 20 - DMUs de referência (análise complementar).

DMU	Pares % (Lambdas)				Nº de vezes como Referência
AP-33-76	AP-40-96 30%	-	AP-41-19 70%		0
AP-33-81	AP-40-96 24%	-	AP-41-19 76%		0
AP-33-97	AP-40-96 91%	-	AP-41-19 9%		0
AP-34-15	AP-40-96 29%	-	AP-41-19 71%		0
AP-34-33	AP-40-96 32%	-	AP-41-19 68%		0
AP-34-34	AP-40-96 38%	-	AP-41-19 62%		0
AP-34-35	AP-40-96 25%	-	AP-41-19 75%		0
AP-35-18	-	AP-41-18 58%	AP-41-19 42%		0
AP-35-48	AP-40-96 42%	-	AP-41-19 58%		0
AP-36-54	AP-40-96 20%	-	AP-41-19 80%		0
AP-36-82	AP-40-96 35%	-	AP-41-19 65%		0
AP-36-83	AP-40-96 15%	AP-41-18 5%	AP-41-19 80%		0
AP-36-86	AP-40-96 20%	-	AP-41-19 80%		0
AP-36-87	AP-40-96 19%	-	AP-41-19 81%		0
AP-36-88	AP-40-96 21%	-	AP-41-19 79%		0
AP-37-25	AP-40-96 42%	-	AP-41-19 58%		0
AP-37-28	AP-40-96 71%	-	AP-41-19 29%		0
AP-37-31	AP-40-96 56%	-	AP-41-19 44%		0
AP-37-32	AP-40-96 31%	-	AP-41-19 69%		0
AP-37-49	AP-40-96 27%	-	AP-41-19 73%		0
AP-38-98	AP-40-96 35%	-	AP-41-19 65%		0
AP-39-38	-	AP-41-18 32%	AP-41-19 68%		0
AP-39-40	AP-40-96 94%		AP-41-19 6%		0
AP-39-67	AP-40-96 32%		AP-41-19 68%		0
AP-39-91	AP-40-96 24%	AP-41-18 20%	AP-41-19 56%		0
AP-40-13	AP-40-96 29%	AP-41-18 39%	AP-41-19 32%		0
AP-40-19	AP-40-96 35%	AP-41-18 8%	AP-41-19 57%		0
AP-40-23	AP-40-96 31%	AP-41-18 14%	AP-41-19 55%		0
AP-40-42	AP-40-96 28%	AP-41-18 7%	AP-41-19 65%		0
AP-40-43	AP-40-96 31%	-	AP-41-19 69%		0
AP-40-96	-	-	-		31
AP-41-16	AP-40-96 33%	-	AP-41-19 67%		0
AP-41-17	AP-40-96 19%	AP-41-18 30%	AP-41-19 50%		0
AP-41-18	-	-	-		9
AP-41-19	-	-	-		33
AP-41-20	AP-40-96 36%	-	AP-41-19 64%		0
AP-41-21	-	-	-		0

Como se pode desde logo verificar, são 3 as DMUs referência (AP-40-96; AP-41-18; AP-41-19). Nomeadamente as DMUs AP-40-96 e AP-41-19 são referenciadas 31 e 33 vezes, ou seja, são praticamente pares de todo o conjunto de dados.

A DMU AP-40-96 apresenta-se com uma média de referência de 35%, denotando o valor desta DMU. Já a DMU AP-41-18 é referenciada apenas em 9 casos com uma média de referência de 26%. Observando os dados com atenção, verifica-se que a DMU com maior percentagem de importância relativa é a AP-41-19. Esta DMU apresenta percentagens de referência superiores ou iguais a 50%, exceto em três casos. Efetivamente, esta DMU é a maior referência para as suas pares em 91% dos casos ($30/33 * 100$). No entanto, as DMUs AP-40-96 e AP-41-18 são as únicas DMU referência que apresentaram eficiência de 100% tanto com RCE, como com RVE. Assim, apesar da DMU AP-41-19 ter grande poder de referência, não opera na escala que as restantes DMUs estão a operar. Por conseguinte é imperativo perceber o que torna estas DMUs tão especiais.

Uma das melhores formas de estudar uma DMU ao pormenor é verificar os seus dados de origem e retirar conclusões. Através da Tabela 21 podemos analisar ao pormenor os dados de entrada destas três DMUs.

Tabela 21 - Dados de entradas das DMUs referência.

DMU	Marca e Modelo	Ano	Centro Responsável	Km na Intervenção	Intervenção	Custo total	Tempo total de trabalho	Tipo de manutenção
AP-41-19	SKODA RAPID 1.4 TDI ACTIVE	2018	OE	1557	INSPEÇÃO TIPO B	€ 109.97	2	Corretiva
AP-41-19	SKODA RAPID 1.4 TDI ACTIVE	2018	OE	1557	PELÍCULAS	€ 120.00	3	Corretiva
AP-41-18	SKODA RAPID 1.4 TDI ACTIVE	2017	OE	3500	INSPEÇÃO TIPO B	€ 109.97	55	Corretiva
AP-41-18	SKODA RAPID 1.4 TDI ACTIVE	2017	OE	3500	PELÍCULAS	€ 184.50	2	Corretiva
AP-41-18	SKODA RAPID 1.4 TDI ACTIVE	2017	OE	23183	REVISÃO	€ 218.00	4	Preventiva
AP-41-18	SKODA RAPID 1.4 TDI ACTIVE	2017	OE	51856	REVISÃO	€ 331.77	14	Preventiva
AP-40-96	SKODA FABIA	2016	OE	41612	INSPEÇÃO PERIO. OBRIGATÓRIA	€ 31.50	15	Preventiva
AP-40-96	SKODA FABIA	2016	OE	41612	REVISÃO	€ 222.46	12	Preventiva
AP-40-96	SKODA FABIA	2016	OE	20604	REVISÃO	€ 283.00	17	Preventiva

Analisar a Tabela 21 permite tirar várias conclusões sobre as características que definem claramente estas DMUs:

- Todas as DMUs são de viaturas recentes, ou seja, com menos de 5 anos;
- Todas as DMUs referem-se à mesma marca de veículo (SKODA);
- A única oficina que realiza as intervenções é a OE (contrato de locação);
- As DMUs apresentam poucos quilómetros (<60.000 km);
- A maior parte das intervenções são preventivas;
- O custo total é baixo e dentro das médias de mercado;
- O tempo total de trabalho é bastante baixo.

Este conjunto de características permite que estas DMUs apresentem reduzidos custos de manutenção. Viaturas novas, da mesma marca, com poucos quilómetros, com intervenções planeadas e intervencionadas por pessoal especializado (contrato de locação) permitem a obtenção de níveis de eficiência bastante elevados. Aliás, se verificarmos as viaturas adquiridas pela DT com menos de 5 anos através da Tabela 22, conclui-se que apenas as que estiveram envolvidas em acidentes apresentam maiores limitações de eficiência. Em complemento, a média de eficiência técnica passa de valores de 39%, para valores de 79%, quando apenas calculada para estes veículos. No entanto, existe um custo associado à aquisição de novas viaturas e à realização do contrato de locação. Estes custos não estão contabilizados neste estudo.

Tabela 22 - Viaturas acidentadas.

DMU	Pontuação de Eficiência				Acidente
	RCE %	RVE %	EE %		
AP-40-96	100%	100%	100%	-	-
AP-41-16	54%	82%	66%	Crescente	-
AP-41-17	49%	51%	96%	Crescente	Sim
AP-41-18	100%	100%	100%	-	-
AP-41-19	73%	100%	73%	Crescente	-
AP-41-20	14%	18%	80%	Crescente	Sim
AP-41-21	45%	100%	45%	Decrescente	Sim
Média	62%	79%	80%	-	

CAPÍTULO 5

Avaliação e Proposta de novo Modelo de Gestão da Manutenção

5.1 Conclusões retiradas da análise

5.2 Estado do parque automóvel da Marinha

5.3 Avaliação e proposta de um novo modelo de gestão da manutenção

5.4 Validação do modelo proposto

5. Avaliação e Proposta de Novo Modelo de Gestão da Manutenção

O presente capítulo é constituído por três secções. A primeira secção apresenta as conclusões retiradas da análise DEA e que servirão de base para a proposta de um novo modelo de gestão da manutenção. A segunda secção comenta o estado do parque automóvel da Marinha. A terceira secção apresenta a proposta de um modelo adequado à gestão da manutenção na Marinha. Por fim, a quarta e última secção valida o modelo proposto através da análise dos resultados obtidos e da resposta às questões de investigação.

5.1. Conclusões retiradas da análise

O sistema de gestão da manutenção na Marinha é um subsistema do sistema Defesa Militar (segurança). Este sistema pode ser representado por um modelo de *input/output*. No entanto, o sistema é aberto e dinâmico, pelo que deve reagir não apenas às alterações nos recursos, mas também às necessidades de produção e aos limites impostos institucionalmente. Este processo de transformação envolve tarefas de manutenção a vários níveis, desde o nível mais baixo (oficinal) ao nível mais elevado (departamental). O primeiro passo para a realização desta transformação é a interpretação das conclusões retiradas da aplicação do modelo DEA aos processos da DT:

- Os processos da DT estão a operar com uma eficiência aceitável, podem porem melhorar;
- Os processos da DT encontram-se com padrões de eficiência similares;
- Os processos das DT podem ser mais eficazes;
- Existe espaço para melhorias e alterações no processo de negócios da DT;
- Existem operações realizadas em baixa escala e que comprometem a EE;
- Intervenções realizadas em OI apresentam valores de eficiência técnica pura de 100%;
- Intervenções realizadas em OI apresentam EE crescente, pelo que existe capacidade de expansão que permitirá obter ganhos de eficiência;
- Intervenções em OI apresentam melhores eficiências que a OE;
- Intervenções em OI apresentam custos menores que a OE;
- Intervenções em OE levam a tempos de trabalho mais reduzidos que a OI.

O segundo passo é a interpretação das conclusões retiradas da aplicação do modelo DEA à análise complementar por veículo:

- A maior parte das viaturas apresenta eficiência muito menor quando comparada com um pequeno grupo;
- Algumas viaturas poderiam operar em maior escala (mais viaturas da mesma marca);
- Fatores como idade, marca e acidentes da viatura influenciam a eficiência;
- Viaturas com menos de 5 anos são mais eficientes;
- Viaturas com menos que 60.000 Km são mais eficientes;
- Viaturas da marca SKODA apresentam-se como mais eficientes;
- Contratos de locação atingem boa eficiência na gestão da manutenção;
- Viaturas com mais intervenções preventivas têm melhor eficiência que viaturas com menos intervenções preventivas;
- O tempo de trabalho em viaturas mais recentes (<5 anos) ou em contrato de locação é menor;
- O custo de manutenção com viaturas mais recentes (<5 anos) ou em contrato de locação é menor.

5.2. Estado do parque automóvel da Marinha

Para além das conclusões retiradas da análise DEA aos processos da DT, também foi realizada uma análise complementar por veículo. Esta análise permitiu retirar ilações sobre o estado do parque automóvel da Marinha.

Como abordado no subcapítulo do Enquadramento, são várias as dificuldades que a Marinha e as Forças Armadas encontram no seu financiamento e vários os cortes orçamentais que têm ocorridos nos últimos anos. Muitos dos ativos já se encontram envelhecidos e a sua vida útil é levada ao extremo, por não existir capacidade financeira para a obtenção de novos ativos. É então compreensível a conclusão, de que o parque automóvel da Marinha se encontra envelhecido e que tal compromete a eficiência na manutenção.

As conclusões retiradas da AED e DEA reforçam esta ideia. A frota encontra-se envelhecida e em baixa escala para as necessidades da Marinha. Muitos veículos estão obsoletos e com eficiências <40%. Por esta razão, manter estes veículos torna-se mais dispendioso que adquirir novas viaturas. Aliás, muitos veículos já ultrapassaram o seu tempo de vida útil e o valor do ativo é praticamente nulo. No entanto a Marinha tem de as manter, por forma a não comprometer a sua operacionalidade através da indisponibilidade de viaturas.

Apenas um grupo muito restrito de viaturas novas apresentou boas eficiências. Em complemento estas viaturas fazem parte de um contrato de locação, pelo que a sua manutenção apenas é realizada em OE. No entanto não se considera que seja este o fator principal, para os melhores valores de eficiência. Comprova-se pelos resultados que a eficiência dos processos da DT é boa. A melhor eficiência destas viaturas deve-se sim à sua idade, marca e quantidade de quilómetros percorridos.

Foi também possível perceber que viaturas com mais intervenções preventivas apresentam melhor eficiência, independentemente da idade. Concluindo, o *core* deste estudo não se enquadra na análise intensiva do estado do parque automóvel da Marinha, mas permite retirar algumas conclusões relevantes sobre o tema.

5.3. Proposta de um novo modelo de gestão da manutenção

Propor um novo modelo de gestão da manutenção pressupõe uma mistura entre as necessidades da Marinha e os limites institucionais a que está submetida. Assim, analisar as conclusões retiradas da DEA é desde logo procurar resolver as necessidades institucionais pela procura de eficiência e eficácia. Porém, torna-se necessário enquadrar estas necessidades nos limites operacionais de uma entidade pública, cujos recursos provêm do erário.

Um modelo de gestão da manutenção que seja perfeito e enquadrável em todas as instituições não existe. O objetivo não é produzir um modelo que seja único e universalmente aplicável, mas sim, encontrar um modelo que aproxime a Marinha de níveis desejados de eficiência e eficácia. Um modelo de gestão da manutenção deve estar sempre apoiado num modelo de avaliação de performance. Por esse motivo é necessário realizar uma aproximação sistemática de cima para baixo. O modelo proposto pode ser representado por um processo de seis etapas, como se pode ver na Figura 24.

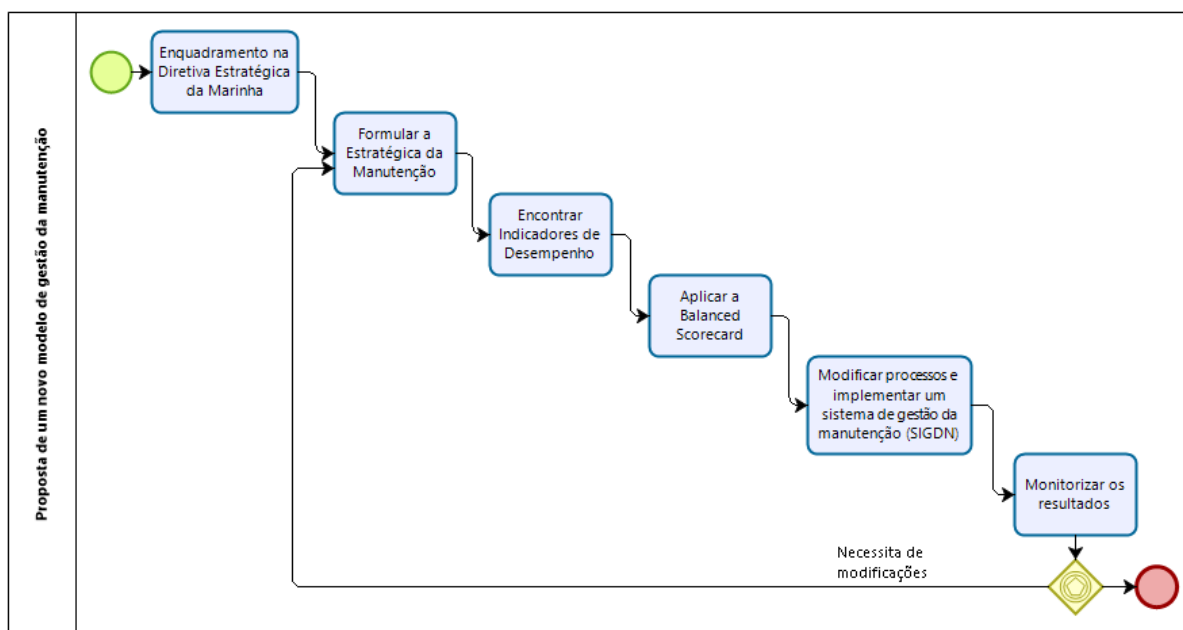


Figura 24 - Proposta de um modelo de gestão da manutenção.

A visão e missão da Marinha não é estática, pelo que o modelo proposto, deve ser aplicado sempre que a Diretiva Estratégica da Marinha for revista, de forma a incorporar alterações necessárias. No entanto, os parâmetros de avaliação de

desempenho da manutenção podem ser usados por vários anos, ao contrário dos processos, que são modificados de acordo com as diretivas em vigor no momento.

5.3.1. Enquadramento na Diretiva Estratégica da Marinha

Como entidade pública a Marinha apresenta a sua Diretiva Estratégica (DEM), com um documento publicado no seu site próprio. O primeiro passo para a formulação de um modelo de gestão da manutenção é a leitura e análise deste documento. A DEM contém as orientações da Marinha, assim como, os objetivos a alcançar no futuro. Este documento apresenta três níveis de estratégia, nomeadamente, a operacional, a estrutural e a genética. A estratégia para a área da manutenção encontra-se no nível estrutural e refere o seguinte: “OE5 - APERFEIÇOAR a eficiência nos processos e na gestão de recursos” (DEM, 2018). São as linhas de ação referentes a esta orientação estratégica que suportarão o enquadramento para o segundo passo do modelo.

5.3.2. Formular a Estratégica da Manutenção

A DEM é o maior *input* na formulação de uma estratégia de manutenção. O segundo passo a considerar é a criação de um Plano de Atividades para a DT e que esteja de acordo com a DEM. Como a DT está inserida na SM é através da Diretiva Setorial do Material (DSM, 2018) que a estratégia da manutenção é criada. Como já foi abordado no capítulo 2, a SM propõe atualmente: “aperfeiçoar a eficiência dos processos e da gestão de recursos” e “maximizar a disponibilidade dos recursos do material”. Portanto, estes objetivos enquadram-se na DEM e visam a otimização das capacidades da manutenção. O efeito pretendido é o alcance de graus desejáveis de eficiência, em conjunto com uma disponibilidade permanente das viaturas.

Até este passo, não existem alterações ao modelo atual. Mesmo assim, a sua abordagem considera-se essencial, para a proposta de um novo modelo de gestão que esteja enquadrado com as necessidades e limites impostos pelas Diretivas de Marinha.

5.3.3. Encontrar Indicadores de Desempenho

É a partir deste passo que realmente existem alterações ao atual modelo de gestão da manutenção. Atualmente a DT no seu PA apresenta apenas os seguintes pontos:

- Breve Caracterização;
- Recursos Humanos;
- Recursos Materiais;
- Recursos de Informação;
- Outros Instrumentos de Planeamento;
- Ações por Atividade e Respetivos Recursos.

Apenas se sabe o que se tem para gastar, o que se gastou e em que se gastou. Fica por saber se realmente ocorreram melhorias derivadas da aplicação dos recursos. Não existe, portanto, medidas que identifiquem o alcance de objetivos, a procura de níveis de eficiência e a comparação anual de metas.

É essencial aplicar na DT Indicadores de Desempenho. A seleção de um conjunto equilibrado destes indicadores é uma tarefa importante, para não se cair na tentação de seleccionar indicadores aleatórios. Os indicadores devem abordar todos os aspetos da função manutenção da DT e a sua seleção deve basear-se nos seguintes critérios:

- **Relevância estratégica;**
 - Aplicar indicadores que demonstrem se a manutenção da DT está a ser bem gerida. Estes indicadores devem derivar dos objetivos estratégicos da DEM e DSM. Por exemplo, indicadores de disponibilidade, tempo médio entre falhas, etc.
- **Rácios *Input/Output*;**
 - Aplicar indicadores que meçam o valor criado através dos recursos usados. Alguns exemplos são os indicadores de trabalho, recursos financeiros, peças de reposição, etc.
- **Classificação funcional;**
 - Aplicar indicadores que dividam a manutenção num conjunto de áreas funcionais. Por exemplo, manutenção preventiva,

manutenção corretiva, inventário e compras; ordens de serviço, etc.

Os indicadores propostos para a implementação na DT são os indicadores da norma portuguesa 15341 de 2019 (NP EN 15341:2019), anteriormente abordada no capítulo 2 e presentes em Anexo A.

5.3.4. Aplicar o *Balanced Scorecard*

A perspetiva do BSC, anteriormente abordada no Capítulo 1, é uma ferramenta muito poderosa para a gestão de desempenho na manutenção. Aliada aos indicadores de desempenho, este método permite a visualização rápida e abrangente da estratégia da instituição. Algumas vantagens passam por:

- Permitir uma melhor visualização do futuro;
- Promover ajustes e correções;
- Contribuir para a melhoria de qualidade e desempenho;
- Alinhar os indicadores de desempenho com os objetivos estratégicos da organização.

5.3.5. Modificar processos e implementar um sistema de gestão da manutenção (SIGDN)

O processo de manutenção de viaturas na Marinha, foi anteriormente abordado e comentado no Capítulo 3 através da Figura 9. Apesar da análise DEA apontar para que os processos estejam a ser realizados de forma eficiente, aponta também para uma EE crescente em intervenções realizadas em OI. Quer isto dizer, que a Marinha deve apostar no crescimento da DT e da implementação de compras e contratos em quantidade, o que apenas é possível com uma frota similar (igual tipo de veículos e marcas).

Aumentar as infraestruturas de apoio à manutenção, promover a contratação e instrução de pessoal oficial e adquirir viaturas do mesmo modelo e marca traria vários benefícios. Não só poderiam ser alcançados melhores níveis de eficiência, prontidão e disponibilidade de veículos, como também, seria garantida a independência de OE (indústria privada). Isto permitiria maior e melhor controlo estratégico e operacional dos

meios, garantindo a capacidade interna de resolução de problemas. Para além disso seriam reduzidos os custos e o tempo de trabalho na manutenção.

Uma abordagem contrária, mas também eficiente seria a locação de viaturas. Tal como verificado na análise DEA, poderiam ser alcançados melhores níveis de eficiência e disponibilidade de veículos, no entanto, pode-se comprometer a prontidão e a independência das entidades externas.

Mesmo não sendo possível este crescimento a curto prazo ou a alteração completa para contratos de locação, é notório que existe espaço para melhorias e alterações no processo de negócios da DT. A DT realiza muitas operações em OE e de manutenção corretiva e não tem inventário de peças. Mesmo as intervenções que são realizadas em OI, por muitas vezes, aguardam vários dias pela chegada do material necessário à reparação. Assim, a implementação de mais operações em OI, mais manutenções preventivas e um maior controlo de inventário é primordial.

A melhor forma de alcançar estes objetivos seria a implementação deste controlo no SIGDN. Esta plataforma apresenta capacidade para a implementação destes sistemas de gestão e é do saber dos militares envolvidos no processo. No entanto, as suas valências não são usadas por completo. Existe a possibilidade de implementação de um sistema automático para pedidos de manutenções preventivas e de um sistema automático de pedidos de compras, para essas intervenções. Esta implementação traria maior controlo de inventário e melhores níveis de eficiência. Resumindo, o pedido de intervenção é antecipado automaticamente e não é necessário a espera pela compra e receção do material no momento da realização da manutenção. De igual forma, existe capacidade para o SIGDN determinar a capacidade de reparação através do histórico da viatura. Automatizar este processo permitiria menor tempo de resposta ao pedido de intervenção. Alguns destes problemas foram anteriormente identificados no Subcapítulo 2.4.3.

A aplicação da gestão de inventários na OI poderia reduzir até 30% os custos totais de manutenção e reduzir até 60% o tempo de intervenção, apenas para intervenções preventivas. Já a automação do SIGDN permitiria a redução do tempo médio de trabalho até 30% e a redução dos custos totais de manutenção até 10%, tanto para as intervenções em OI como OE.

Para além disso, é também essencial implementar os indicadores de desempenho e o BSC no SIGDN. Os dados para os indicadores são obtidos através das ordens de serviço, requisições, pagamentos e outros documentos, tornando muito mais fácil e rápido o seu cálculo e leitura.

A seguinte Figura 25 apresenta, de uma forma resumida, as alterações propostas no processo de manutenção de viaturas na Marinha.

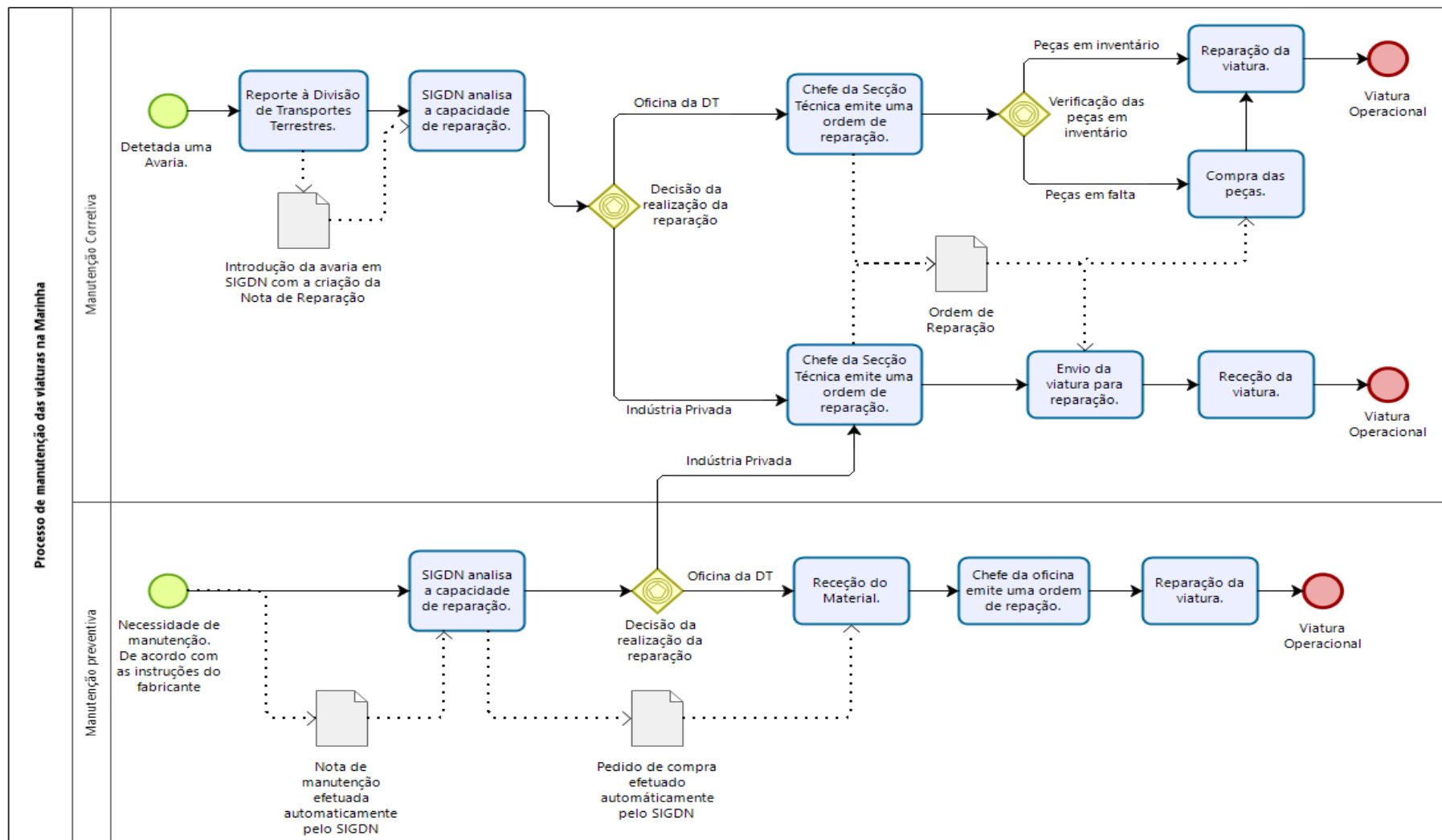


Figura 25 - Proposta de alteração ao processo de manutenção na Marinha

5.3.6. Monitorizar os resultados

Uma vez implementados todos os passos, torna-se essencial para a gerência obter valores reais de desempenho. A monitorização dos resultados deve ser realizada regularmente e o método que proponho é a aplicação da DEA em conjunto com o BSC. Cada departamento integrado na manutenção deve determinar as suas medidas de desempenho mais críticas e desenvolver um documento de resultados. Este documento deve conter uma página ou duas com a representação gráfica dos resultados nos últimos três ou quatro anos e apresentar recomendações futuras. A representação gráfica dos resultados, permite à gerência identificar facilmente as tendências atuais e tomar as devidas ações para garantir o cumprimento das metas de desempenho. A Figura 26 apresenta um exemplo de uma monitorização de resultados.

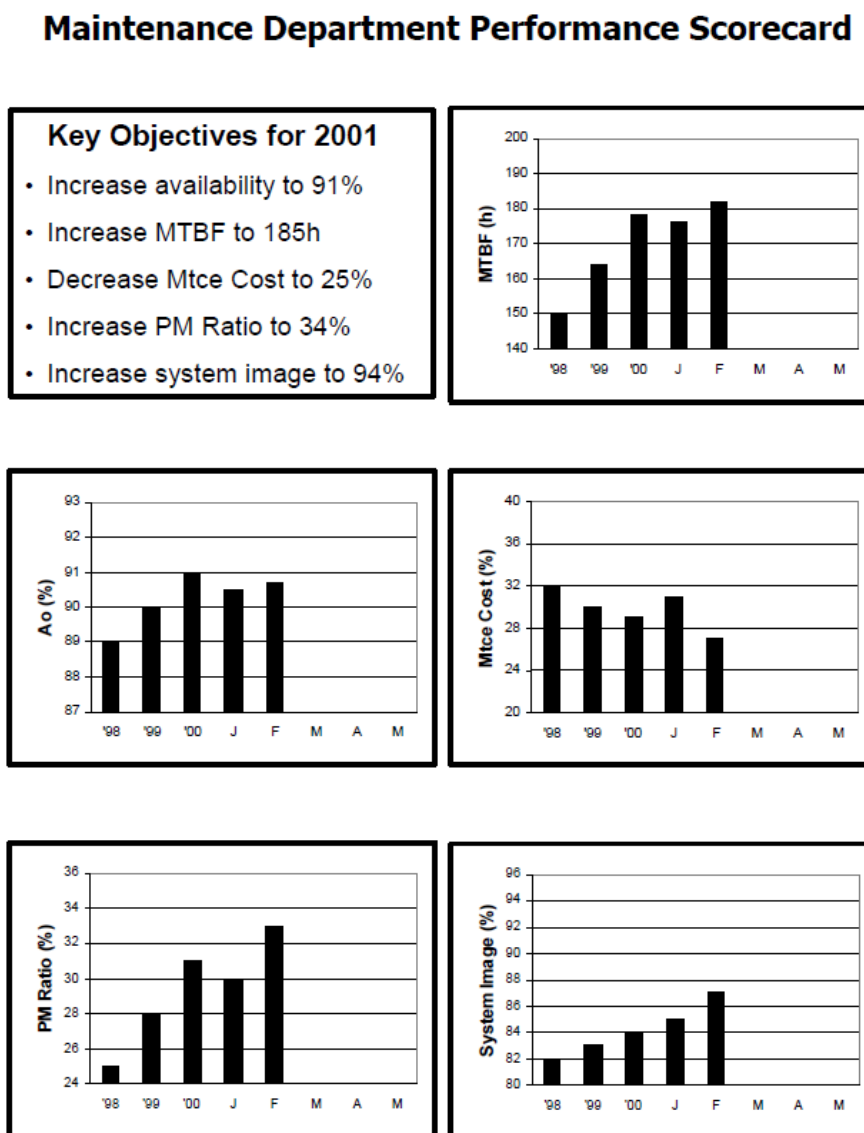


Figura 26 - Exemplo de uma monitorização de resultados. Extraído de (Visser & Pretorius, 2012)

5.4. Validação do modelo proposto

A presente seção tem como finalidade a validação do modelo proposto para o processo de manutenção na Marinha. Uma forma de validar o modelo proposto passa pela aplicação da DEA nos dados previstos após a implementação das soluções referidas no Subcapítulo 5.3.5. Tal como referido é de esperar que as soluções propostas possam reduzir até 30% os custos totais de manutenção e reduzir até 60% o tempo de intervenção, apenas para intervenções preventivas em OI. Adicionalmente, também reduzir o tempo médio de trabalho até 30% e a redução dos custos totais de manutenção até 10%, tanto para as intervenções em OI como OE. A seguinte Tabela 23 apresenta os resultados da aplicação da DEA ao modelo proposto.

Tabela 23- Aplicação da DEA ao modelo proposto.

DMU	Pontuação de Eficiência				Eficiente
	RCE % (Eficiência técnica)	RVE % (Eficiência técnica pura)	EE %		
OI NAOF (1)	100%	100%	100%	-	Sim
OI LOF (2)	100%	100%	100%	-	Sim
OI INOP A (3)	100%	100%	100%	-	Sim
OI INOP B (4)	82.2%	82.2%	100%		Não
OE NAOF (5)	100%	100%	100%	-	Sim
OE LOF (6)	79.4%	81.4%	97.5%	Crescente	Não
OE INOP A (7)	57.1%	64.3%	88.8%	Decrescente	Não
OE INOP B (8)	87%	100%	87%	Decrescente	Não
Mínimo	57.1%	64.3%	87.0%	-	
Máximo	100%	100%	100%	-	
Média	86.5%	91.0%	96.7%	-	
Nota	RCE = Retorno Constantes de Escala (DEA-CCR)				
	RVE = Retorno Variável de Escala (DEA-BCC)				
	EE = Eficiência de Escala = RCE / RVE				

Observando-se a Tabela 23 é possível constatar que o modelo BCC apresenta 5 DMUs eficientes (1; 2; 3; 5 e 8) e 3 DMU ineficientes (4; 6 e 7). Este aumento de DMUs ineficientes deve-se ao fato das operações em OI melhorarem consideravelmente com a solução proposta quando comparadas com a OE. A eficiência relativa do método DEA fez com que ineficiências nas restantes DMUs fossem reveladas. Todas as DMUs da OI passaram a Eficiências de Escala de 100%, no entanto estes resultados revelam uma falta de Eficiência Técnica Pura na DMU 4 – OI INOP B de 17.8% (100 - 82.2). Tendo em

conta que os processos são iguais para todas as DMUs na OI, este valor pode ser derivado não dos processos, mas sim do estado do parque automóvel e da dificuldade na obtenção de capacidade interna para intervenções do tipo INOP B. Realizando uma comparação direta, as intervenções NAOF são eficientes tanto em OI como em OE, as LOF são apenas eficientes em OI, as INOP A são apenas eficientes em OI e as INOP B são puramente mais eficientes na OE. No entanto, as intervenções do tipo INOP apresentam eficiência de escala decrescente na OE, por outras palavras, quantos mais recursos aplicados para intervenções INOP nas OEs, menor é o resultado obtido.

Com a implementação da proposta a DT continuaria a operar com uma eficiência média acima de 90%, no entanto teria de aumentar a sua capacidade de produção de forma a reduzir a sua necessidade pelas intervenções externas. Intervenções do tipo INOP em OE apresentam eficiências decrescentes, assim, investir na capacidade interna para intervenções do tipo INOP tornar-se-ia uma necessidade.

Após realizar a análise DEA, obter as conclusões da análise, propor o novo modelo de gestão da manutenção e validar o modelo proposto, torna-se necessário responder às questões de investigação. Primeiramente serão respondidas as questões derivadas, por forma a obter uma resposta mais completa para a questão de investigação principal.

- **QD1: É possível uma maior eficácia no processo de manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha?**

O método DEA não mede diretamente a eficácia de um processo. No entanto, a eficiência e eficácia são duas medidas que apesar de diferentes, andam de mãos dadas. De uma forma simples, podemos representar a eficácia pela produção do *output* que a instituição determina como objetivo. A eficiência, pelo seu lado, pode ser representada como o melhor rácio de *output/input* que se consegue atingir. Uma das conclusões retiradas com o modelo DEA é que os processos realizados pela DT podem ser mais eficazes. Esta conclusão deriva da análise da Tabela 16, onde verificamos que existe uma folga de eficiência na totalidade de veículos reparados. Por conseguinte, a DT poderia reparar mais veículos e ser mais eficaz na manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha.

- **QD2: É possível uma maior eficiência no processo de manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha?**

Através das conclusões obtidas da avaliação de eficiência dos processos da DT, da análise complementar por veículo e da aplicação da DEA ao modelo proposto é certo que existe ineficiência na manutenção da DT. Portanto, conclui-se que é possível uma maior eficiência no processo de manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha e que essa eficiência pode ser alcançada com a aproximação das DMUs ineficientes às DMUs de referência.

- **QD3: É possível a otimização do processo de manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha?**

As respostas anteriores assim o indicam. As conclusões retiradas de ambas as análises DEA, indicam algumas formas de atuação para a procura da otimização do processo de manutenção da DT. Esta otimização é possível, mesmo sem grande alteração aos processos atuais. A otimização do processo pode ser realizada através da aproximação das DMUs ineficientes as DMUs referência. No entanto, a única forma de melhorar as EE, seria pela alteração do tamanho das infraestruturas de manutenção ou do tamanho da frota automóvel, o que por vezes, encontra-se fora do domínio específico da Marinha.

- **Questão de investigação principal (QP)**

É possível definir um processo eficaz e eficiente para a manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha?

A secção 5.3 – “Proposta de um novo modelo de gestão da manutenção”, é um exemplo da definição de um processo possivelmente eficaz e eficiente, para a manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha. Esta proposta engloba algumas das conclusões da análise DEA e resolve alguns dos problemas identificados. No entanto, a Marinha encontra-se a operar a várias velocidades no que toca à manutenção. Algumas viaturas têm a responsabilidade da sua manutenção centrada na DT enquanto que outras em contratos de locação. A diferenciação deste centro de responsabilidade dificulta a definição deste processo e apresenta dificuldades para o futuro. É necessário estudar profundamente a manutenção da frota administrativa e escolher o caminho a seguir, seja este a aposta na capacidade interna ou a aposta na contratação externa.

Conclusões e Recomendações

O objetivo deste estudo centrou-se na procura por um processo eficaz e eficiente para a manutenção da frota automóvel administrativa da Marinha. Os resultados obtidos demonstram que é possível definir um processo mais eficaz e eficiente, através da alteração de certas atividades. A proposta de alteração ao processo de manutenção da DT, engloba as conclusões da análise DEA e resolve alguns dos problemas identificados. Não obstante, é necessário referir que apenas a implementação do modelo proposto e posterior análise DEA em igual formato, poderia determinar se efetivamente eram alcançados níveis de eficiência mais satisfatórios.

A DEA mostra-se acessível na sua implementação por utilizadores não familiarizados e quando existem boas bases de dados a aplicação do método torna-se mais facilitada. Neste caso, a sua aplicação foi um pouco complexa, a informação disponível e os dados existentes encontravam-se pouco trabalhados com inserções erradas ou ausentes nas bases de dados. Por conseguinte, foi necessária uma análise aprofundada e demorosa de todos os recibos das intervenções. Outra dificuldade sentida foi a seleção das variáveis de *input* e *output*. Muitas das variáveis inicialmente pensadas eram impossíveis de ser implementadas, uma vez que, ou estavam ausentes ou incorretamente inseridas nas bases de dados. Foi por isso necessário aprofundar o estudo e determinar o que poderia ser extraído da base de dados. Além disso, a aplicação usual do método DEA compara DMUs de diferentes instituições. Poderia ser efetuada uma comparação entre ramos das Forças Armadas, Polícia e Guarda Nacional Republicana. A solução encontrada passou pela divisão dos processos da DT e a sua comparação. A maior limitação do estudo passou pela escolha das DMUs. Para resolver este problema realizou-se a análise complementar por veículo. Esta análise melhorou o estudo pelo seu maior número de DMUs e pela maior informação gerada.

Este estudo mostrou claramente que a frota automóvel da Marinha encontra-se envelhecida. Muitas das viaturas apresentam mais de 10 anos e não existem viaturas elétricas ou híbridas. Mesmo perante estas dificuldades, os resultados obtidos confirmam a boa gestão da manutenção na DT, apontando para certos aspetos a melhorar principalmente em termos temporais. No entanto, é possível verificar que nos últimos anos, através dos contratos de locação, as empresas externas conseguem atingir eficiências iguais ou superiores à DT.

Uma possibilidade de trabalho futuro passa pela implementação da solução proposta na DT e posterior avaliação com o método DEA. A primeira fase seria a aplicação da solução proposta por um período temporal de 5 anos. De seguida, seria realizada a repetição do modelo utilizando as mesmas DMUs. Esta análise garante a comparação dos resultados em diferentes períodos temporais e após a implementação de diferentes práticas de gestão. No fim, é possível apurar a evolução dos resultados das diferentes DMUs e avaliar as medidas aplicadas para a melhoria de desempenho. Em complemento, a chefia deveria considerar a aplicação de estudos de eficiência em diferentes áreas da Marinha, de forma a promover a gestão dos recursos. Estes estudos poderiam ser realizados principalmente nas áreas operacionais e de ensino, como por exemplo: Frota da Marinha, Escola Naval, Escola de Tecnologias Navais e Comando Naval.

Determinar a eficiência de operações numa instituição pública é uma tarefa complexa, mas imprescindível. Cada vez mais, a gestão de dinheiros públicos é crucial no alcance dos objetivos institucionais. Os cortes no financiamento requerem a procura intensiva por soluções que melhorem a resposta institucional a este problema. É nesta vertente, que os vários métodos de avaliação de eficiência são essenciais na procura pela redução do consumo. Não existe um método perfeito para todos os casos. Cada caso tem de ser estudado e cada método aplicado consoantes as necessidades institucionais. Até mesmo o método mais rápido e simples pode fornecer informação que ajude a gestão na tomada de decisão. Afirmar que as Forças Armadas têm de ser autossuficientes em todas as suas atividades e renunciar á contratação externa é uma teoria cada vez mais ultrapassada. Estudos como este, identificam dificuldades e soluções para os problemas atuais da Marinha e permitem a libertação de recursos para o foco nas suas competências essenciais.

Bibliografia

- AIGNER, D. J., LOVELL, C. A. K., & SCHMIDT, P. (1977). "*Formulation and estimation of stochastic frontier production functions*". Journal of Econometrics, 6, pp. 21–37.
- ANJOMSHOAE, A., HASSAN, A., & WONG, K. Y. (2019). "*An integrated AHP-based scheme for performance measurement in humanitarian supply chains*". International Journal of Productivity and Performance Management, 68(5), 938–957.
- BANKER, R. D., CHARNES, A., & COOPER, W. W. (1984). "*Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis*". Management Science, 30(9), pp 1078-1092.
- BROWN, M. G., HITCHCOCK, D. E., & WILLARD, M. L. (1994). "*Why TQM Fails?*". Richard D. Irwin, Burr Ridge, IL.
- CHARNES, A., CLARK, C. T., COOPER, W. W., & GOLANY, B. (1985). "*A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. Air Force.*". European Journal of Operational Research, 2, pp. 95-112.
- CHARNES, A., COOPER, W. W., & RHODES, E. (1978). "*Measuring the efficiency of decision-making units*". European Journal of Operational Research, 2(6), 429–444.
- CHARNES, A., COOPER, W. W., GOLANY, B., SEIFORD, L., & STUTZ, J. (1985). "*Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions*". Journal of Econometrics, 91-107.
- CHARNES, A., COOPER, W. W., LEWINA, Y., & SEIFORD, L. M. (1994). "*Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications*". Kluwer Academic, Boston.
- CLARKE, R. L. (1992). "*Evaluating USAF Vehicle Maintenance Productivity Over Time: An Application of Data Envelopment Analysis*". Decision Sciences.
- COETZEE, J. L. (1998). "*Maintenance*", Maintenance Publishers, Republic of South Africa.
- COLLINS, A. J., HESTER, P., EZELL, B., & HORST, J. (2016). "*An improvement selection methodology for key performance indicators*". Environment Systems and Decisions, New York, v. 36, n. 2, p. 196-208, 2016.
- COMISSÃO ELETROTÉCNICA INTERNACIONAL. (2006). "*International electrotechnical vocabulary*", IEV 191-07-01.
- COOPER, W. W., SEIFORD, L. M., & TONE, K. (2007). "*Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*". Second edition, Springer.

COOPER, W. W., SEIFORD, L. M., & TONE, K. (2007). *"Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software"*. New York: Springer.

CRAIG, C. E., & HARRIS, R. C. (1973). *"Total productivity measurement at the firm level"*. Sloan Management Review, 14(3), 13–28.

CULLINANE, K., & SONG, D. (2006). *"Estimating the relative efficiency of European container ports: a stochastic frontier analysis"*. Research in Transportation Economics, 16, pp. 85–115.

CULLINANE, K., WANG, T., SONG, D., & JI, P. (2006). *"The technical efficiency of container ports: comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis"*. Transportation Research Part A, 40, pp. 354–374.

DOOLEY, L. M. (2002). *"Case Study Research and Theory Building"*. Advances in Developing Human Resources, p.335-354.

DOURADO, A. (2009). *"Aplicação da Data Envelopment Analysis na determinação da eficiência empresarial em ambientes colaborativos"*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

FARREL, M. J. (1957). *"The measurement of productive efficiency"*. Journal of Royal Statistical Society (A), 120, 253–81.

FERREIRA, C. M. C., & GOMES, A. P. (2009). *"Introdução à análise envoltória de dados"*. Viçosa: Editora UFV, 2009.

FONTANA, A., & FREY, J. (1994). *"The Art of Science."*. Pp. 361-76 in The Handbook of Qualitative Research.

GOLANY, B. (1988). *"An Interactive MOLP Procedure for the Extension of DEA to Effectiveness Analysis"*. Journal of the Operational Research Society, 39, 1988, pp. 725-734.

GREEN, R., DOYLE, J., & COOK, W. D. (1996). *"Efficiency bounds in data envelopment analysis"*. European Journal of Operational Research, 89(3), pp. 482–490.

HATAMI-MARBINI, A., EMROUZNEJAD, A., & TAVANA, M. A. (2011). *"Taxonomy and review of the Fuzzy data Envelopment Analysis literature: Two decades in the making"*. European Journal of Operational Research, v. 214, p. 457-472.

HIJMANS, M. B. (2018). *"Segurança marítima. Relações Internacionais"*, 25–37.

JENKINS, L., & ANDERSON, L. (2003). *"A multivariate statistical approach to reducing the number of variables in data envelopment analysis"*. European Journal of Operational Research, 147, pp. 51–61.

KAO, C., & LIN, P. H. (2012). *"Efficiency of parallel production systems with Fuzzy data"*. Fuzzy Sets and Systems, v. 19, p. 83-98.

- KAO, C., & LIU, S. T. (2000). "Fuzzy efficiency measures in data envelopments analysis". *Fuzzy Sets and Systems*, v. 133, p. 427-437.
- KAPLAN, R. S., & NORTON, D. P. (1992). "The balanced scorecard - measures that drive performance". *Global Business Review*, Vol. 70 No. 1, pp. 71-79.
- KITCHENHAM, B. (2010). "What's up with software metrics? - a preliminary mapping study". *Journal of Systems and Software*, vol. 83, no. 1, pp. 37-51.
- KITCHENHAM, B., & CHARTERS, S. (2007). "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering". Software Engineering Group, Keele University and Department of Computer Science, University of Durham, United Kingdom.
- LATORRE, A. (2003). "La Investigación- Acción". Barcelo: Graó.
- LEWIN, A., MOREY, R., & COOK, T. (1982). "Evaluating the administrative efficiency of courts". *Omega*, 10, pp. 401-411.
- LIN, L. C., & TSENG, C. C. (2007). "Operational performance evaluation of major container ports in the Asia-Pacific region". *Maritime Policy & Management*, 34(6), pp. 535-551.
- LIYANAGE, J. P., & KUMAR, U. (2003). "Towards a value-based view on operations and maintenance performance management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 9 No. 4, pp. 333-50.
- MATOS, J. F., & PEDRO, A. (2011). "O estudo de caso na investigação em educação em direção a uma reconceptualização". XI Congresso Da Sociedade Portuguesa de Ciências Da Educação, 583-587.
- MEEUSEN, W., & VAN DEN BROECK, J. (1977). "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production function with composed error". *International Economic Review*, 8, pp. 435-444.
- MERRIAM, S. (1988). "Case study research in education: A qualitative approach". San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- NEELY, A., GREGORY, M., & PLATTS, K. (1995). "Performance measurement system design: A literature review and research agenda". *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15 No. 4, pp. 80-116.
- OLIVEIRA, A., & MEIRINHOS, M. (2010). "Educação O estudo de caso como estratégia de investigação em educação - The case study as research strategy in education". *Revista de Educação*, 2(2), 49-65.
- OMG. (2011). *Business Process Model and Notation (BPMN)*. Extraído de <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>

- OZBEK, M. E., GARZA, J. M., & TRIANTIS, K. (2012). "Efficiency measurement of the maintenance of paved lanes using data envelopment analysis". *Construction Management and Economics*, 30(11), 995–1009.
- PARIDA, A., & KUMAR, U. (2006). "Maintenance performance measurement (MPM): Issues and challenges". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3), 239–251.
- RAMANATHAN, R. (2003). "An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement". SAGE Publications Pvt. Ltd.
- ROLL, Y., GOLANY, B., & SEROUSSY, D. (1989). "Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the Israeli Air Force". *European Journal of Operational Research*.
- SAATY, T. L., (1988). "What is the Analytic Hierarchy Process?" Univ. Pittsburgh, Vol. F48.
- SEXTON, T. R. (1986). "The methodology of data envelopment analysis, in Silkman, R.H. (ed.) *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*". Jossey-Bass, San Francisco, pp. 7–29.
- STAKE, R. E. (1994). "Case Studies. In N. Denzin Y. Lincoln, *Handbook of qualitative research*". (pp. 236-247) Newsbury Park: Sage.
- STAKE, R. E. (1999). "Investigación con estudio de casos". Madrid: Morata.
- SUN, S. (2004). "Assessing joint maintenance shops in the Taiwanese Army using data envelopment analysis". *Journal of Operations Management*, 22(3), 233–245.
- SWANSON, L. (2003). "An information-processing model of maintenance management". *International Journal of Production Economics*, 83(1), 45-64.
- TRUJILLO, J., & LUJÁN-MORA, S. (2003). "A UML based approach for modeling ETL processes in data warehouses". *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2813, 307–320.
- TSANG, A. H. C. (2002). "Strategic dimensions of maintenance management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 8 No. 1, pp. 7-39.
- UNTERKALMSTEINER, M., GORSCHKE, T., ISLAM, A. K. M. M., CHENG, C. K., PERMADI, R. B., & FELDT, R. (2012). "Evaluation and measurement of software process improvement - A systematic literature review". *IEEE Transactions on Software Engineering*, 38(2), 398–424.
- VISSER, J. K., & PRETORIUS, M. W. (2012). "The Development of a Performance Measurement System for Maintenance". *The South African Journal of Industrial Engineering*, 14(1), 83–97.
- WAGNER, J. M., & SHIMSHAK, D. G. (2007). "Stepwise selection of variables in data envelopment analysis: procedures and managerial perspectives". *European Journal of Operational Research*, 180, pp. 57–67.

YACUZZI, E. (2005). “*El estudio de caso como metodología de investigación: teoría, mecanismos causales, validación*”. Serie Documentos de Trabajo.

YIN, R. (1984). “*Case study research: Design and methods* (1st ed.)”. Beverly Hills, CA: Sage Publishing.

YIN, R. (1989). “*Case study research: Design and methods* (Rev. ed.)”. Beverly Hills, CA: Sage Publishing.

YIN, R. (1993). “*Applications of case study research*”. Beverly Hills, CA: Sage Publishing.

YIN, R. K. (2005). “*Estudo de caso: planejamento e métodos*”. Porto Alegre: Bookman.

ZHU, J. (2003). “*Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver*”. New York: Springer.

Legislação Consultada

Decreto-Lei n.º 185/2014 de 29 de dezembro, aprova a Lei Orgânica da Marinha. Diário da República n.º 250/2014, Série I de 2014-12-29. Acedido a 8 jan. 2020. Disponível em www.dre.pt.

Decreto-Lei n.º 442/91, Código do Procedimento Administrativo, Diário da República n.º 263/1991, Série I-A de 1991-11-15. Acedido a 8 jan. 2020. Disponível em www.dre.pt.

Decreto-Regulamentar n.º 10/2015 de 31 de julho, Orgânica da Marinha, Diário da República n.º 148/2015, Série I de 2015-07-31. Acedido a 22 abr. 2020. Disponível em www.dre.pt.

ESTADO MAIOR DA ARMADA. (1997), “*ILA 5 (A) - Instruções para a Organização da Manutenção das Unidades Navais e Outros Meios de Ação Naval*”, Marinha, Lisboa.

ESTADO MAIOR DA ARMADA. (2018), “*Diretiva Estratégica da Marinha*”, Marinha, Lisboa.

ESTADO MAIOR DA ARMADA. (2018), “*Diretiva Setorial do Material*”, Marinha, Lisboa.

Norma Portuguesa NP EN 15341:2009 – Indicadores de Desempenho da Manutenção.

Norma Portuguesa NP EN 13306:2017 – Terminologia da Manutenção.

Apêndices

A – *Business Process Model and Notation* / Notação de Modelagem de Processos de Negócio

B – Metodologia de Investigação - Estudo de Caso

C – Subgrupos de Intervenção

D – Compilação dos dados recolhidos por DMU (período de 2015 a 2020)

E – Resultados da análise em DEAP

F – Dados para a análise complementar por veículo

G – Resultados da análise complementar por veículo

Apêndice A – *Business Process Model and Notation* / Notação de Modelagem de Processos de Negócio

Devido à globalização dos mercados e à internacionalização das organizações, os processos passaram a ser complexos. Para solucionar o uso de diferentes notações, foi criada uma notação livre, de linguagem internacional e mundialmente aceita.

A Notação de Modelagem de Processos de Negócio, traduzida de *Business Process Model and Notation* (BPMN), é uma notação gráfica que descreve as etapas de um processo de negócio através da utilização de Diagramas de Processos de Negócio (DPN). A notação foi projetada para visualizar o fluxo de ponta a ponta de um processo de negócio e coordenar a sua sequência tal como as mensagens que fluem entre os diferentes participantes de cada atividade. Um gestor de negócios deve poder ler e entender facilmente um DPN e um implementador de processos deve facilmente representar o processo físico.

A atual versão (v2.0) do BPMN data de janeiro de 2011 e é aprovada pela *International Organization for Standardization* (ISO) através da ISO 19510. Os modelos BPMN são expressos por diagramas simples construídos a partir de um conjunto limitado de elementos gráficos. A Figura 27 apresenta as quatro categorias básicas de elementos do BPMN.

Para mais informações consultar a página web <http://www.bpmn.org/>.

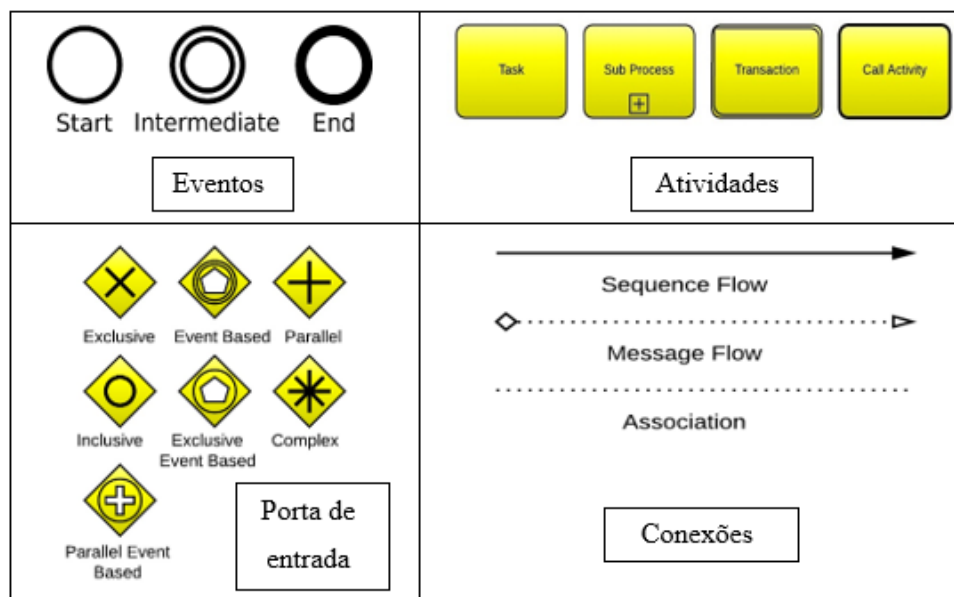


Figura 27 - Elementos básicos de um Diagrama de Processos de Negócios.

Apêndice B – Metodologia de Investigação - Estudo de Caso

O estudo de caso foca-se essencialmente em alguns aspetos fundamentais do problema, incorporando os participantes diretamente envolvidos e os participantes mais periféricos, com vista à produção de uma visão integrada. Na literatura sobre estudo de caso apresentada por Yin (1989, 1993) e Merriam (1988) verificamos um conjunto de características que são considerados como mais vantajosas no uso desta metodologia:

- Os resultados do estudo de caso são mais facilmente compreendidos que de outros métodos;
- O estudo de caso capta características únicas no fenómeno estudado;
- O estudo de caso retrata de uma forma confiável a realidade;
- O estudo de caso ajuda a perceber outros casos;
- O estudo de caso pode ser articulado e construir-se sobre acontecimentos não previstos.

Dooley (2002) afirmava que este método é usado para desenvolver teoria, produzir teoria, contestar ou desafiar teoria, explicar uma situação, estabelecer uma base de aplicação de soluções e descrever ou explorar um objeto ou fenómeno.

O *Oxford Dictionary of Sociology* define o estudo de caso (na investigação) como um método de investigação que seleciona um único caso ou vários para serem estudados. Estes casos são normalmente de uma entidade social como comunidades, grupos sociais, empresas e outros, aos quais são aplicados métodos específicos para os estudar. Os mesmo incluem relatórios descritivos, avaliação de operações e estudos em estratégias através da definição de hipóteses e do uso de casos contrastantes.

Características do estudo de caso

Tendencialmente o estudo de caso apresenta características de uma investigação qualitativa, o que leva, a um ponto de discussão entre os diversos autores que abordam esta metodologia. As sucessivas etapas de recolha, análise e interpretação da informação nestes casos são muito similares às dos métodos qualitativos, com particularidade de investigar intensivamente um ou poucos casos (Latorre et. al, 2003). No entanto, isso não implica que não possa contemplar uma perspetiva mais quantitativa tal como afirma Yin

(2005), dizendo que o estudo de caso é uma estratégia que abrange e inclui evidências quantitativas e que em extremo, pode ficar limitado a estas.

Desenvolver projetos de investigação com apoio em estudos de caso é uma tarefa difícil, pois, os estudos de caso ainda não foram completamente sistematizados, ou seja, as suas características não são completamente coincidentes e sofrem variações consoante os aspetos a que cada autor atribui mais importância, seja ela uma estratégia fundamentada apenas em metodologias qualitativas ou uma estratégia mais abrangente (Yin, 2005). Também Yin (1993 e 2005), afirma que existem estudos de caso que podem ser holísticos, mas também, existem os que não o são, ocorrendo a análise isolada dos constituintes de um fenómeno. Em relação à importância do contexto, a atenção dada é tanto maior quanto mais intrínseco for o caso. Para Yin (2005) isto é visível na própria definição de estudo de caso. Assim, o autor afirma que “um estudo de caso surge da necessidade de estudar fenómenos sociais complexos”, ou seja, com condições contextuais pertinentes na investigação. Também Yacuzzi (2005), em relação aos estudos de caso refere que: “(...) o seu valor reside em não estudar apenas um fenómeno, mas também o seu contexto”.

O estudo de caso é considerado também como generalista. Segundo Stake (1999), o estudo de caso pode permitir generalizar para outros casos, ou seja, de casos particulares a sociedade aprende muitas coisas para casos gerais. Um investigador postula e descobre relações entre características, assim, as características de um estudo de caso propagam-se para outros casos pela força de uma lógica explicativa. (Yacuzzi, 2005)

O estudo de caso apresenta-se também com um carácter interpretativo constante onde se prevê a modificação das questões iniciais do estudo. As questões iniciais são as que conduzem a uma procura sistemática de dados para a extração de conclusões. Os diversos autores supracitados preveem a reformulação das questões iniciais do estudo através das novas observações e à medida que a compreensão do caso avança. Considera-se também que o projeto de estudo de caso pode ser modificado por novas informações ou constatações, que são importantes na recolha dos dados, mas não significando a alteração das questões iniciais de investigação (Yin, 2005). Também quando se quer analisar uma realidade, a mesma pode ser considerada de uma forma global, como totalidade única, ou pode ser constituída por uma serie de unidades, abordadas através

de um trabalho diferenciado. A unidade de análise ajuda a definir o alcance do caso, complementa as proposições e permite delimitar a busca de informação (Yacuzzi, 2005).

Conclui-se assim que realizar um estudo de caso requer ao investigador uma reflexão sobre as características deste tipo de estudo.:

- Investigação de dados qualitativos e quantitativos;
- Holístico ou incorporados;
- Importância do seu contexto real;
- Generalista;
- Constantemente interpretativo;
- Reformulação e modificação;
- Análise totalitária ou diferenciada.

Tipos de estudo de caso

O estudo de caso pode ser exploratório, descritivo ou explicativo e incidir sobre um projeto de caso único ou de casos múltiplos. Assim Yin (1993) apresenta o critério de classificação representado na Tabela 24.

Tabela 24 - Tipo de Estudo de caso segundo (Yin, 1993). Extraído de (Meirinhos, 2010).

	Único	Múltiplo
Exploratório	Exploratório único	Exploratório múltiplo
Descritivo	Descritivo único	Descritivo múltiplo
Explicativo	Explicativo único	Explicativo múltiplo

No estudo de caso de natureza exploratória o trabalho empírico realiza-se antes da definição das questões de investigação ou das hipóteses, por forma a buscar hipóteses e proposições relevantes para orientar estudos posteriores. Tem por vista, por exemplo, desenvolver protocolos de recolha de dados e analisar a verosimilhança dos mesmos. O estudo de caso de natureza explicativa adapta-se às situações em que se procura explicitamente relações causais num dado fenómeno. Procura-se nestes casos, encontrar padrões que permitam obter uma base para a construção de alguma teoria, seja ela, explicativa, de hipóteses explicativas ou de relações causa-efeito que possam mais tarde

ser testadas por outra via. No caso dos estudos descritivos pretende-se representar a descrição completa de um fenómeno inserido no seu contexto (Matos & Pedro, 2011). Yin (2005) aborda as características gerais do desenho de estudos de caso admitindo que os mesmos podem ser, simultaneamente, holísticos (com uma unidade de análise) ou incorporados (várias unidades de análise).

Recolha de dados – Instrumentos

Tal como visto anteriormente, recolher informações de várias fontes de dados é uma das características dos estudos de caso. Ter em conta a forma como vão ser recolhidos os dados, os meios e tecnologia usada é uma das partes primordiais que deve ser devidamente pensada pelo investigador. Alguns autores admitem como instrumentos de recolha de informação o diário, o questionário, as fontes documentais, a entrevista individual e de grupo, assim como, registos que as mais modernas tecnologias de informação e comunicação permitem obter (Matos & Pedro, 2011). Recorrer a fontes documentais é uma das estratégias básicas que pode servir para contextualizar, acrescentar informação e validar evidências nos estudos de caso. Consideram-se como este tipo de fontes: relatórios, planos, propostas, comunicados, dossiers, registos institucionais, entre outros. Também as entrevistas têm ganho cada vez mais ênfase no estudo de caso. São elas uma das fontes de informação mais importantes e essenciais segundo Yin (2005), assim como, segundo Fontana e Frey (1994) “Entrevistar é uma das formas mais comuns e poderosas de tentar compreender outros seres humanos”. A entrevista é assim um ótimo instrumento para captar a diversidade de descrições e interpretações que as pessoas têm sobre a realidade (Matos & Pedro, 2011). Atualmente, umas das formas mais em voga para a recolha de dados, são os registos eletrónicos elaborados pela maior parte das organizações. A utilização deste tipo de dados é algo mais recente e aliado a métodos de análise mais computacionais decorrentes da utilização da tecnologia informática. Por exemplo, a informação registada por plataformas empresariais em base SAP é praticamente infundável e requer a seleção da informação relevante para o caso em estudo por parte do investigador. Na Marinha os registos em Sistema Integrado de Gestão da Defesa Nacional (SIGDN) é uma das grandes ferramentas deste tipo de informação, onde a mesma aparece eletronicamente registada, trabalhada e organizada.

Apêndice C – Subgrupos de Intervenção

Tabela 25 - Subgrupos de intervenção.

Intervenção	Subgrupo	Intervenção	Subgrupo
ABS	INOP A	TUBO RADIADOR	INOP B
AIRBAG	INOP A	TURBO	INOP B
APOIO DE ESCAPE	INOP A	VÁLVULA PRESSÃO COMB.	INOP B
APOIO DO MOTOR	INOP A	VIDRO DIANTEIRO	INOP B
BATIMENTO CILINDRO	INOP A	ALINHAMENTO DE DIREÇÃO	LOF
BRAÇOS DOS CABEÇOTES	INOP A	AR CONDICIONADO	LOF
DIREÇÃO	INOP A	BORRACHAS	LOF
DIREÇÃO ASSISTIDA	INOP A	COMANDO VIDROS	LOF
ESPELHO RETROVISOR	INOP A	CONTA QUILOMETROS	LOF
FILTROS	INOP A	DEPÓSITO LIMPA VIDROS	LOF
FOLE	INOP A	ELEVADOR VIDROS	LOF
INJETORES	INOP A	ESCOVAS LIMPA VIDROS	LOF
ÓLEO	INOP A	FAROL	LOF
PASTILHAS TRAVÕES	INOP A	FAROLIM	LOF
PEDAL DO ACELERADOR	INOP A	FECHADURA OU PUCHADOR	LOF
PISCAS	INOP A	FOLGAS	LOF
RADIADOR	INOP A	MOTOR LAVA-VIDROS	LOF
ROLAMENTO	INOP A	ÓTICAS	LOF
SONDA NÍVEL DO OLEO	INOP A	PANELA	LOF
STOP	INOP A	PNEUS	LOF
SUSPENSÃO	INOP A	PRÉ-TENSORES CINTO SEG.	LOF
VELAS IGNIÇÃO	INOP A	PUCHADOR PORTA	LOF
VIDRO LATERAL	INOP A	PUNHO DO TRAVÃO DE MÃO	LOF
ALTERNADOR	INOP B	QUADRANTE	LOF
BATERIA	INOP B	SUPORTE DE FAROL	LOF
BOMBA ÁGUA	INOP B	TRIANGULO	LOF
BOMBA ÓLEO MOTOR	INOP B	VÁLVULA EGR	LOF
CAIXA VELOCIDADES	INOP B	VELOCIMETRO	LOF
CANHÃO IGNIÇÃO	INOP B	CARROÇARIA	NAOF
CHAVE	INOP B	ESTOFOS	NAOF
CORREIA ALTERNADOR E POLIE	INOP B	FORRAR TETO	NAOF
DISTRIBUIÇÃO	INOP B	FORRAR VOLANTE	NAOF
EMBRAIAGEM	INOP B	GUARDA LAMAS	NAOF
FUGA COMBUSTÍVEL	INOP B	IPO	NAOF
FUGA DE ÀGUA	INOP B	INSPEÇÃO TIPO B	NAOF
FUGA OLEO	INOP B	MÃOS LIVRES	NAOF
FURO	INOP B	MATRÍCULA	NAOF
FUSÍVEL	INOP B	PELÍCULAS	NAOF
JUNTA DO CÁRTER	INOP B	PINTURA	NAOF
JUNTA DO MOTOR	INOP B	PREPARAÇÃO IPO	NAOF
JUNTA DO PERMUTADOR	INOP B	RÁDIO	NAOF
MOTOR	INOP B	REINSPEÇÃO	NAOF
MOTOR DE ARRANQUE	INOP B	REVISÃO	NAOF
RETENTOR E FOLE	INOP B	TAMPAS DE RODA	NAOF
SINOBLCO	INOP B	TAPETES	NAOF
TUBO COMBUSTÍVEL	INOP B	BOTÃO	NAOF

Apêndice D – Compilação dos dados recolhidos por DMU (período de 2015 a 2020)

Tabela 26 - Compilação dos dados recolhidos por DMU (período de 2015 a 2020).

DMU	<i>Inputs</i>			<i>Outputs</i>		
	X ₁ - Tempo médio de trabalho	X ₂ - Custo total da manutenção	X ₃ - Custo médio de estrutura	Y ₁ - Distância média de condução após uma manutenção	Y ₂ - Tempo médio entre manutenções	Y ₃ - Número total de veículos reparados
OI NAOF (1)	35.2	3265.1	1142.8	2836.7	114.7	31.0
OI LOF (2)	32.0	3127.8	1094.7	2470.6	103.7	27.0
OI INOP A (3)	62.5	3991.0	1396.9	6329.3	63.1	22.0
OI INOP B (4)	28.5	9971.9	3490.2	3569.3	98.3	30.0
OE NAOF (5)	41.8	27792.7	2779.3	4905.3	167.6	172.0
OE LOF (6)	33.7	20720.9	2072.1	3652.4	105.7	72.0
OE INOP A (7)	39.0	20544.1	2054.4	2125.6	126.7	22.0
OE INOP B (8)	40.1	43938.0	4393.8	5346.2	152.7	33.0

Apêndice E – Resultados da análise em DEAP

Results from DEAP Version 2.1

Input orientated DEA

Scale assumption: VRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm	crste	vrste	scale	
1	1.000	1.000	1.000	-
2	0.993	1.000	0.993	irs
3	1.000	1.000	1.000	-
4	1.000	1.000	1.000	-
5	1.000	1.000	1.000	-
6	0.938	1.000	0.938	irs
7	0.877	0.907	0.967	irs
8	1.000	1.000	1.000	-
mean	0.976	0.988	0.987	

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA

vrste = technical efficiency from VRS DEA

scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

firm	output:	1	2	3
1		0.000	0.000	0.000
2		0.000	0.000	0.000
3		0.000	0.000	0.000
4		0.000	0.000	0.000
5		0.000	0.000	0.000
6		0.000	0.000	0.000
7		1304.334	0.000	58.161
8		0.000	0.000	0.000
mean		163.042	0.000	7.270

SUMMARY OF INPUT SLACKS:

firm	input:	1	2	3
1		0.000	0.000	0.000
2		0.000	0.000	0.000
3		0.000	0.000	0.000
4		0.000	0.000	0.000
5		0.000	0.000	0.000
6		0.000	0.000	0.000
7		0.000	6051.596	0.000
8		0.000	0.000	0.000
mean		0.000	756.450	0.000

SUMMARY OF PEERS:

firm	peers:		
1	1		
2	2		
3	3		
4	4		
5	5		
6	6		
7	5	4	2
8	8		

SUMMARY OF PEER WEIGHTS: (in same order as above)

firm	peer weights:			
1	1.000			
2	1.000			
3	1.000			
4	1.000			
5	1.000			
6	1.000			
7	0.365	0.064	0.571	
8	1.000			

PEER COUNT SUMMARY: (i.e., no. times each firm is a peer for another)

firm	peer count:
1	0
2	1
3	0
4	1
5	1
6	0
7	0
8	0

SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:

firm	output:	1	2	3
1		2836.700	114.700	31.000
2		2470.600	103.700	27.000
3		6329.300	63.100	22.000
4		3569.300	98.300	30.000
5		4905.300	167.600	172.000
6		3652.400	105.700	72.000
7		3429.934	126.700	80.161
8		5346.200	152.700	33.000

SUMMARY OF INPUT TARGETS:

firm	input:	1	2	3
1		35.200	3265.100	1142.800
2		32.000	3127.800	1094.700
3		62.500	3991.000	1396.900
4		28.500	9971.900	3490.200
5		41.800	27792.700	2779.300
6		33.700	20720.900	2072.100
7		35.357	12573.682	1862.519
8		40.100	43938.000	4393.800

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2836.700	0.000	0.000	2836.700
output	2	114.700	0.000	0.000	114.700
output	3	31.000	0.000	0.000	31.000
input	1	35.200	0.000	0.000	35.200
input	2	3265.100	0.000	0.000	3265.100
input	3	1142.800	0.000	0.000	1142.800

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
1	1.000	

Results for firm: 2

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 0.993 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2470.600	0.000	0.000	2470.600
output	2	103.700	0.000	0.000	103.700
output	3	27.000	0.000	0.000	27.000
input	1	32.000	0.000	0.000	32.000
input	2	3127.800	0.000	0.000	3127.800
input	3	1094.700	0.000	0.000	1094.700

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
2	1.000	

Results for firm: 3

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	6329.300	0.000	0.000	6329.300
output	2	63.100	0.000	0.000	63.100
output	3	22.000	0.000	0.000	22.000
input	1	62.500	0.000	0.000	62.500
input	2	3991.000	0.000	0.000	3991.000
input	3	1396.900	0.000	0.000	1396.900

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
3	1.000	

Results for firm: 4

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	3569.300	0.000	0.000	3569.300
output	2	98.300	0.000	0.000	98.300
output	3	30.000	0.000	0.000	30.000
input	1	28.500	0.000	0.000	28.500
input	2	9971.900	0.000	0.000	9971.900
input	3	3490.200	0.000	0.000	3490.200

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
4	1.000	

Results for firm: 5

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	4905.300	0.000	0.000	4905.300
output	2	167.600	0.000	0.000	167.600
output	3	172.000	0.000	0.000	172.000
input	1	41.800	0.000	0.000	41.800
input	2	27792.700	0.000	0.000	27792.700
input	3	2779.300	0.000	0.000	2779.300

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
5	1.000	

Results for firm: 6

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 0.938 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	3652.400	0.000	0.000	3652.400
output	2	105.700	0.000	0.000	105.700
output	3	72.000	0.000	0.000	72.000
input	1	33.700	0.000	0.000	33.700
input	2	20720.900	0.000	0.000	20720.900
input	3	2072.100	0.000	0.000	2072.100

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
6	1.000	

Results for firm: 7

Technical efficiency = 0.907

Scale efficiency = 0.967 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2125.600	0.000	1304.334	3429.934
output	2	126.700	0.000	0.000	126.700
output	3	22.000	0.000	58.161	80.161
input	1	39.000	-3.643	0.000	35.357
input	2	20544.100	-1918.822	-6051.596	12573.682
input	3	2054.400	-191.881	0.000	1862.519

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
5	0.365	
4	0.064	
2	0.571	

Results for firm: 8

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	5346.200	0.000	0.000	5346.200
output	2	152.700	0.000	0.000	152.700
output	3	33.000	0.000	0.000	33.000
input	1	40.100	0.000	0.000	40.100
input	2	43938.000	0.000	0.000	43938.000
input	3	4393.800	0.000	0.000	4393.800

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
8	1.000	

Apêndice F – Dados para o estudo complementar por veículo

Tabela 27 - Dados do estudo complementar.

DMU	X ₁ - Tempo médio de trabalho	Inputs		Outputs	
		X ₂ - Custo total da manutenção	X ₃ - Custo médio de estrutura	Y ₁ - Distância média de condução após uma manutenção	Y ₂ - Tempo médio entre manutenções
AP-33-76	63.9	5544.3	853.8	1682.7	130.6
AP-33-81	67.5	1135.6	174.9	1877.1	106.7
AP-33-97	99.6	1023.9	157.7	1736	382
AP-34-15	30.1	1000.1	154.0	743.8	126.7
AP-34-33	22.1	1111.1	171.1	2371.4	138.6
AP-34-34	38	3454.1	531.9	4096.5	165.5
AP-34-35	42.5	1496.5	230.5	3784.8	100.9
AP-35-18	35.8	1776.3	273.6	10050.4	123.2
AP-35-48	29.4	2647.6	407.7	2507.8	180.3
AP-36-54	44.1	7896.5	1216.1	2537.5	90
AP-36-82	47.7	4899.7	754.6	3188	153.6
AP-36-83	53.9	9282.7	1429.5	3629.5	81.6
AP-36-86	74.4	10967.1	1688.9	1562.6	90.2
AP-36-87	64.2	4396.5	677.1	2978.9	84.6
AP-36-88	22.1	3723.4	573.4	2875.8	95.1
AP-37-25	11.4	3744.9	576.7	2162.7	182.3
AP-37-28	30.4	1158.2	178.4	7902.3	182.9
AP-37-31	98.8	1630.5	251.1	2949	238
AP-37-32	44.8	6911.3	1064.3	1450.7	134.2
AP-37-49	25.6	10215.3	1573.2	2561.6	117.8
AP-38-98	32	790.6	121.7	2735.1	150.4
AP-39-38	38	15992.6	2462.9	6238.8	65.5
AP-39-40	21.7	655.7	101.0	10009.6	297.4
AP-39-67	25.1	1879	289.4	4220.6	139.1
AP-39-91	21.6	3709.4	571.3	6659.2	154.9
AP-40-13	27.1	4345.2	669.2	9857.3	216.8
AP-40-19	29.3	1535.2	236.4	5815.6	169.9
AP-40-23	22.7	1161.3	178.8	6392.8	168.1
AP-40-42	21.8	7831.1	1206.0	5060.5	139.9
AP-40-43	16.6	1073.8	165.4	2439.3	135.7
AP-40-96	14.7	537	82.7	10504	418.5
AP-41-16	9.2	401.5	61.8	2863.5	142
AP-41-17	19.2	1000.9	154.1	7695	157.8
AP-41-18	18.8	844.2	130.0	16118.7	240
AP-41-19	2.5	230	35.4	1557	8
AP-41-20	38.2	2448.7	377.1	3907.5	156.5
AP-41-21	42.2	4900	754.6	16407	145.4
Mínimo	2.5	3127.8	1094.7	2125.6	63.1
Máximo	99.6	43938	4393.8	6329.3	167.6
Média	36.4	3604.1	555.0	4895.4	157.0

Apêndice G – Resultados da análise complementar por veículo

Results from DEAP Version 2.1

Input orientated DEA

Scale assumption: VRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm	crste	vrste	scale	
1	0.072	0.096	0.747	irs
2	0.121	0.268	0.451	irs
3	0.479	0.498	0.962	irs
4	0.163	0.319	0.510	irs
5	0.220	0.295	0.747	irs
6	0.153	0.189	0.810	irs
7	0.129	0.205	0.631	irs
8	0.327	0.335	0.976	irs
9	0.215	0.259	0.831	irs
10	0.078	0.112	0.698	irs
11	0.113	0.143	0.790	irs
12	0.083	0.096	0.872	irs
13	0.043	0.066	0.641	irs
14	0.060	0.074	0.806	irs
15	0.174	0.230	0.755	irs
16	0.562	0.674	0.834	irs
17	0.351	0.387	0.907	irs
18	0.187	0.247	0.760	irs
19	0.105	0.140	0.754	irs
20	0.162	0.225	0.718	irs
21	0.244	0.426	0.574	irs
22	0.191	0.204	0.940	irs
23	0.780	0.793	0.984	irs
24	0.225	0.255	0.881	irs
25	0.384	0.405	0.948	irs
26	0.448	0.458	0.979	irs
27	0.258	0.274	0.941	irs
28	0.358	0.378	0.947	irs
29	0.298	0.323	0.924	irs
30	0.287	0.379	0.757	irs
31	1.000	1.000	1.000	-
32	0.542	0.822	0.659	irs
33	0.488	0.510	0.958	irs
34	1.000	1.000	1.000	-
35	0.726	1.000	0.726	irs
36	0.144	0.181	0.795	irs
37	0.453	1.000	0.453	drs
mean	0.314	0.386	0.802	

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA
vrste = technical efficiency from VRS DEA
scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

firm	output:	1	2
1		2546.413	0.000
2		1831.103	0.000
3		7972.469	0.000
4		3400.311	0.000
5		2032.076	0.000
6		893.271	0.000
7		0.000	9.314
8		0.000	20.119
9		2804.543	0.000
10		806.720	0.000
11		1542.406	0.000
12		0.000	0.000
13		1785.980	0.000
14		247.625	0.000
15		579.577	0.000
16		3193.233	0.000
17		0.000	116.231
18		3620.935	0.000
19		2856.876	0.000
20		1388.532	0.000
21		1925.561	0.000
22		0.000	17.091
23		0.000	98.416
24		193.773	0.000
25		0.000	0.000
26		0.000	0.000
27		0.000	0.000
28		0.000	0.000
29		0.000	0.000
30		1900.969	0.000
31		0.000	0.000
32		1614.080	0.000
33		0.000	0.000
34		0.000	0.000
35		0.000	0.000
36		886.113	0.000
37		0.000	0.000
mean		1189.799	7.059

SUMMARY OF INPUT SLACKS:

firm	input:	1	2	3
1		0.000	211.367	32.556
2		12.625	0.000	0.004
3		35.966	0.000	0.004
4		3.566	0.000	0.006
5		0.136	0.000	0.006
6		0.000	304.934	46.966
7		3.165	0.000	0.004
8		0.000	7.526	1.159
9		0.000	327.423	50.429
10		0.000	592.694	91.280
11		0.000	362.395	55.814
12		0.000	580.318	89.373

13	0.000	437.155	67.327
14	0.000	39.817	6.136
15	0.000	562.186	86.581
16	0.000	2162.583	333.041
17	0.599	0.000	0.003
18	15.024	0.000	0.005
19	0.000	639.907	98.551
20	0.000	1987.619	306.097
21	6.888	0.000	0.003
22	0.000	2830.256	435.861
23	3.184	0.000	0.004
24	0.000	150.783	23.224
25	0.000	1074.037	165.406
26	0.000	1430.689	220.329
27	0.000	36.020	5.551
28	0.000	27.313	4.212
29	0.000	2171.909	334.477
30	0.000	81.715	12.587
31	0.000	0.000	0.000
32	1.084	0.000	0.009
33	0.000	35.369	5.446
34	0.000	0.000	0.000
35	0.000	0.000	0.000
36	0.000	102.105	15.728
37	0.000	0.000	0.000
mean	2.223	436.652	67.248

SUMMARY OF PEERS:

firm peers:

1	31	35	
2	31	35	
3	31	35	
4	35	31	
5	31	35	
6	31	35	
7	31	35	
8	35	34	
9	31	35	
10	31	35	
11	31	35	
12	34	35	31
13	31	35	
14	31	35	
15	31	35	
16	31	35	
17	31	35	
18	31	35	
19	31	35	
20	31	35	
21	31	35	
22	35	34	
23	31	35	
24	31	35	
25	35	34	31
26	34	35	31
27	35	34	31
28	34	35	31

29	34	35	31
30	31	35	
31	31		
32	31	35	
33	34	31	35
34	34		
35	35		
36	31	35	
37	37		

SUMMARY OF PEER WEIGHTS:
(in same order as above)

firm	peer weights:
1	0.299 0.701
2	0.240 0.760
3	0.911 0.089
4	0.711 0.289
5	0.318 0.682
6	0.384 0.616
7	0.249 0.751
8	0.417 0.583
9	0.420 0.580
10	0.200 0.800
11	0.355 0.645
12	0.049 0.799 0.151
13	0.200 0.800
14	0.187 0.813
15	0.212 0.788
16	0.425 0.575
17	0.709 0.291
18	0.560 0.440
19	0.307 0.693
20	0.267 0.733
21	0.347 0.653
22	0.678 0.322
23	0.945 0.055
24	0.319 0.681
25	0.555 0.200 0.245
26	0.394 0.320 0.286
27	0.572 0.077 0.351
28	0.142 0.548 0.310
29	0.066 0.650 0.284
30	0.311 0.689
31	1.000
32	0.326 0.674
33	0.302 0.194 0.504
34	1.000
35	1.000
36	0.362 0.638
37	1.000

PEER COUNT SUMMARY:

(i.e., no. times each firm is a peer for another)

firm	peer count:
1	0
2	0
3	0

4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	0
29	0
30	0
31	31
32	0
33	0
34	9
35	33
36	0
37	0

SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:

firm	output:	1	2
1		4229.113	130.600
2		3708.203	106.700
3		9708.469	382.000
4		4144.111	126.700
5		4403.476	138.600
6		4989.771	165.500
7		3784.800	110.214
8		10050.400	143.319
9		5312.343	180.300
10		3344.220	90.000
11		4730.406	153.600
12		3629.500	81.600
13		3348.580	90.200
14		3226.525	84.600
15		3455.377	95.100
16		5355.933	182.300
17		7902.300	299.131
18		6569.935	238.000
19		4307.576	134.200
20		3950.132	117.800
21		4660.661	150.400

22	6238.800	82.591
23	10009.600	395.816
24	4414.373	139.100
25	6659.200	154.900
26	9857.300	216.800
27	5815.600	169.900
28	6392.800	168.100
29	5060.500	139.900
30	4340.269	135.700
31	10504.000	418.500
32	4477.580	142.000
33	7695.000	157.800
34	16118.700	240.000
35	1557.000	8.000
36	4793.613	156.500
37	16407.000	145.400

SUMMARY OF INPUT TARGETS

firm	input:	1	2	3
1		6.144	321.689	49.535
2		5.433	303.815	46.782
3		13.615	509.703	78.488
4		6.028	318.772	49.086
5		6.381	327.672	50.456
6		7.181	347.789	53.554
7		5.538	306.443	47.187
8		12.007	588.244	90.591
9		7.621	358.858	55.259
10		4.937	291.325	44.859
11		6.827	338.890	52.184
12		5.151	306.758	47.236
13		4.943	291.475	44.882
14		4.777	287.287	44.237
15		5.089	295.139	45.447
16		7.680	360.353	55.489
17		11.152	447.727	68.944
18		9.336	402.010	61.904
19		6.251	324.381	49.950
20		5.763	312.116	48.061
21		6.732	336.496	51.815
22		7.741	427.474	65.830
23		14.026	520.036	80.079
24		6.396	328.046	50.514
25		8.746	427.974	65.905
26		12.415	559.992	86.238
27		8.034	384.922	59.274
28		8.590	412.156	63.468
29		7.042	357.792	55.096
30		6.295	325.503	50.122
31		14.700	537.000	82.692
32		6.482	330.214	50.848
33		9.795	475.236	73.185
34		18.800	844.200	130.013
35		2.500	230.000	35.415
36		6.913	341.058	52.518
37		42.200	4900.000	754.598

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1
 Technical efficiency = 0.096
 Scale efficiency = 0.747 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	1682.700	0.000	2546.413	4229.113
output	2	130.600	0.000	0.000	130.600
input	1	63.900	-57.756	0.000	6.144
input	2	5544.300	-5011.244	-211.367	321.689
input	3	853.825	-771.734	-32.556	49.535

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.299	
35	0.701	

Results for firm: 2
 Technical efficiency = 0.268
 Scale efficiency = 0.451 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	1877.100	0.000	1831.103	3708.203
output	2	106.700	0.000	0.000	106.700
input	1	67.500	-49.441	-12.625	5.433
input	2	1135.600	-831.785	0.000	303.815
input	3	174.879	-128.093	-0.004	46.782

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.240	
35	0.760	

Results for firm: 3
 Technical efficiency = 0.498
 Scale efficiency = 0.962 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	1736.000	0.000	7972.469	9708.469
output	2	382.000	0.000	0.000	382.000
input	1	99.600	-50.019	-35.966	13.615
input	2	1023.900	-514.197	0.000	509.703
input	3	157.678	-79.185	-0.004	78.488

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.911	
35	0.089	

Results for firm: 4
 Technical efficiency = 0.319
 Scale efficiency = 0.510 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	743.800	0.000	3400.311	4144.111
output	2	126.700	0.000	0.000	126.700
input	1	30.100	-20.506	-3.566	6.028

input	2	1000.100	-681.328	0.000	318.772
input	3	154.018	-104.927	-0.006	49.086

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
35	0.711	
31	0.289	

Results for firm: 5
 Technical efficiency = 0.295
 Scale efficiency = 0.747 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2371.400	0.000	2032.076	4403.476
output	2	138.600	0.000	0.000	138.600
input	1	22.100	-15.583	-0.136	6.381
input	2	1111.100	-783.428	0.000	327.672
input	3	171.111	-120.649	-0.006	50.456

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.318	
35	0.682	

Results for firm: 6
 Technical efficiency = 0.189
 Scale efficiency = 0.810 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	4096.500	0.000	893.271	4989.771
output	2	165.500	0.000	0.000	165.500
input	1	38.000	-30.819	0.000	7.181
input	2	3454.100	-2801.377	-304.934	347.789
input	3	531.936	-431.416	-46.966	53.554

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.384	
35	0.616	

Results for firm: 7
 Technical efficiency = 0.205
 Scale efficiency = 0.631 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	3784.800	0.000	0.000	3784.800
output	2	100.900	0.000	9.314	110.214
input	1	42.500	-33.797	-3.165	5.538
input	2	1496.500	-1190.057	0.000	306.443
input	3	230.458	-183.266	-0.004	47.187

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.249	
35	0.751	

Results for firm: 8
 Technical efficiency = 0.335
 Scale efficiency = 0.976 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	10050.400	0.000	0.000	10050.400
output	2	123.200	0.000	20.119	143.319
input	1	35.800	-23.793	0.000	12.007
input	2	1776.300	-1180.530	-7.526	588.244
input	3	273.555	-181.805	-1.159	90.591

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
35	0.417	
34	0.583	

Results for firm: 9

Technical efficiency = 0.259

Scale efficiency = 0.831 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2507.800	0.000	2804.543	5312.343
output	2	180.300	0.000	0.000	180.300
input	1	29.400	-21.779	0.000	7.621
input	2	2647.600	-1961.319	-327.423	358.858
input	3	407.732	-302.044	-50.429	55.259

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.420	
35	0.580	

Results for firm: 10

Technical efficiency = 0.112

Scale efficiency = 0.698 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2537.500	0.000	806.720	3344.220
output	2	90.000	0.000	0.000	90.000
input	1	44.100	-39.163	0.000	4.937
input	2	7896.500	-7012.481	-592.694	291.325
input	3	1216.059	-1079.921	-91.280	44.859

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.200	
35	0.800	

Results for firm: 11

Technical efficiency = 0.143

Scale efficiency = 0.790 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	3188.000	0.000	1542.406	4730.406
output	2	153.600	0.000	0.000	153.600
input	1	47.700	-40.873	0.000	6.827
input	2	4899.700	-4198.415	-362.395	338.890
input	3	754.551	-646.553	-55.814	52.184

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
------	--------	--------

31 0.355
35 0.645

Results for firm: 12
Technical efficiency = 0.096
Scale efficiency = 0.872 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	3629.500	0.000	0.000	3629.500
output	2	81.600	0.000	0.000	81.600
input	1	53.900	-48.749	0.000	5.151
input	2	9282.700	-8395.624	-580.318	306.758
input	3	1429.530	-1292.921	-89.373	47.236

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
34	0.049	
35	0.799	
31	0.151	

Results for firm: 13
Technical efficiency = 0.066
Scale efficiency = 0.641 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	1562.600	0.000	1785.980	3348.580
output	2	90.200	0.000	0.000	90.200
input	1	74.400	-69.457	0.000	4.943
input	2	10967.100	-10238.470	-437.155	291.475
input	3	1688.936	-1576.727	-67.327	44.882

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.200	
35	0.800	

Results for firm: 14
Technical efficiency = 0.074
Scale efficiency = 0.806 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2978.900	0.000	247.625	3226.525
output	2	84.600	0.000	0.000	84.600
input	1	64.200	-59.423	0.000	4.777
input	2	4396.500	-4069.396	-39.817	287.287
input	3	677.053	-626.680	-6.136	44.237

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.187	
35	0.813	

Results for firm: 15
Technical efficiency = 0.230
Scale efficiency = 0.755 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
----------	--	-------------------	--------------------	-------------------	--------------------

output	1	2875.800	0.000	579.577	3455.377
output	2	95.100	0.000	0.000	95.100
input	1	22.100	-17.011	0.000	5.089
input	2	3723.400	-2866.075	-562.186	295.139
input	3	573.402	-441.374	-86.581	45.447

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.212	
35	0.788	

Results for firm: 16
 Technical efficiency = 0.674
 Scale efficiency = 0.834 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2162.700	0.000	3193.233	5355.933
output	2	182.300	0.000	0.000	182.300
input	1	11.400	-3.720	0.000	7.680
input	2	3744.900	-1221.964	-2162.583	360.353
input	3	576.712	-188.181	-333.041	55.489

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.425	
35	0.575	

Results for firm: 17
 Technical efficiency = 0.387
 Scale efficiency = 0.907 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	7902.300	0.000	0.000	7902.300
output	2	182.900	0.000	116.231	299.131
input	1	30.400	-18.648	-0.599	11.152
input	2	1158.200	-710.473	0.000	447.727
input	3	178.357	-109.409	-0.003	68.944

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.709	
35	0.291	

Results for firm: 18
 Technical efficiency = 0.247
 Scale efficiency = 0.760 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2949.000	0.000	3620.935	6569.935
output	2	238.000	0.000	0.000	238.000
input	1	98.800	-74.440	-15.024	9.336
input	2	1630.500	-1228.490	0.000	402.010
input	3	251.095	-189.186	-0.005	61.904

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.560	
35	0.440	

Results for firm: 19
 Technical efficiency = 0.140
 Scale efficiency = 0.754 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	1450.700	0.000	2856.876	4307.576
output	2	134.200	0.000	0.000	134.200
input	1	44.800	-38.549	0.000	6.251
input	2	6911.300	-5947.012	-639.907	324.381
input	3	1064.339	-915.839	-98.551	49.950

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.307	
35	0.693	

Results for firm: 20
 Technical efficiency = 0.225
 Scale efficiency = 0.718 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2561.600	0.000	1388.532	3950.132
output	2	117.800	0.000	0.000	117.800
input	1	25.600	-19.837	0.000	5.763
input	2	10215.300	-7915.565	-1987.619	312.116
input	3	1573.150	-1218.992	-306.097	48.061

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.267	
35	0.733	

Results for firm: 21
 Technical efficiency = 0.426
 Scale efficiency = 0.574 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2735.100	0.000	1925.561	4660.661
output	2	150.400	0.000	0.000	150.400
input	1	32.000	-18.380	-6.888	6.732
input	2	790.600	-454.104	0.000	336.496
input	3	121.746	-69.928	-0.003	51.815

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.347	
35	0.653	

Results for firm: 22
 Technical efficiency = 0.204
 Scale efficiency = 0.940 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	6238.800	0.000	0.000	6238.800
output	2	65.500	0.000	17.091	82.591
input	1	38.000	-30.259	0.000	7.741

input	2	15992.600	-12734.870	-2830.256	427.474
input	3	2462.862	-1961.171	-435.861	65.830

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
35	0.678	
34	0.322	

Results for firm: 23
 Technical efficiency = 0.793
 Scale efficiency = 0.984 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	10009.600	0.000	0.000	10009.600
output	2	297.400	0.000	98.416	395.816
input	1	21.700	-4.490	-3.184	14.026
input	2	655.700	-135.664	0.000	520.036
input	3	100.975	-20.892	-0.004	80.079

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.945	
35	0.055	

Results for firm: 24
 Technical efficiency = 0.255
 Scale efficiency = 0.881 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	4220.600	0.000	193.773	4414.373
output	2	139.100	0.000	0.000	139.100
input	1	25.100	-18.704	0.000	6.396
input	2	1879.000	-1400.171	-150.783	328.046
input	3	289.358	-215.621	-23.224	50.514

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
31	0.319	
35	0.681	

Results for firm: 25
 Technical efficiency = 0.405
 Scale efficiency = 0.948 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	6659.200	0.000	0.000	6659.200
output	2	154.900	0.000	0.000	154.900
input	1	21.600	-12.854	0.000	8.746
input	2	3709.400	-2207.389	-1074.037	427.974
input	3	571.252	-339.941	-165.406	65.905

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
35	0.555	
34	0.200	
31	0.245	

Results for firm: 26
 Technical efficiency = 0.458

Scale efficiency = 0.979 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	9857.300	0.000	0.000	9857.300
output	2	216.800	0.000	0.000	216.800
input	1	27.100	-14.685	0.000	12.415
input	2	4345.200	-2354.519	-1430.689	559.992
input	3	669.165	-362.598	-220.329	86.238

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
34	0.394	
35	0.320	
31	0.286	

Results for firm: 27

Technical efficiency = 0.274

Scale efficiency = 0.941 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	5815.600	0.000	0.000	5815.600
output	2	169.900	0.000	0.000	169.900
input	1	29.300	-21.266	0.000	8.034
input	2	1535.200	-1114.258	-36.020	384.922
input	3	236.419	-171.595	-5.551	59.274

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
35	0.572	
34	0.077	
31	0.351	

Results for firm: 28

Technical efficiency = 0.378

Scale efficiency = 0.947 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	6392.800	0.000	0.000	6392.800
output	2	168.100	0.000	0.000	168.100
input	1	22.700	-14.110	0.000	8.590
input	2	1161.300	-721.831	-27.313	412.156
input	3	178.846	-111.166	-4.212	63.468

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
34	0.142	
35	0.548	
31	0.310	

Results for firm: 29

Technical efficiency = 0.323

Scale efficiency = 0.924 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	5060.500	0.000	0.000	5060.500
output	2	139.900	0.000	0.000	139.900

input	1	21.800	-14.758	0.000	7.042
input	2	7831.100	-5301.399	-2171.909	357.792
input	3	1205.986	-816.413	-334.477	55.096

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
34	0.066
35	0.650
31	0.284

Results for firm: 30
 Technical efficiency = 0.379
 Scale efficiency = 0.757 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2439.300	0.000	1900.969	4340.269
output	2	135.700	0.000	0.000	135.700
input	1	16.600	-10.305	0.000	6.295
input	2	1073.800	-666.582	-81.715	325.503
input	3	165.359	-102.650	-12.587	50.122

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
31	0.311
35	0.689

Results for firm: 31
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	10504.000	0.000	0.000	10504.000
output	2	418.500	0.000	0.000	418.500
input	1	14.700	0.000	0.000	14.700
input	2	537.000	0.000	0.000	537.000
input	3	82.692	0.000	0.000	82.692

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
31	1.000

Results for firm: 32
 Technical efficiency = 0.822
 Scale efficiency = 0.659 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	2863.500	0.000	1614.080	4477.580
output	2	142.000	0.000	0.000	142.000
input	1	9.200	-1.633	-1.084	6.482
input	2	401.500	-71.286	0.000	330.214
input	3	61.836	-10.979	-0.009	50.848

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
31	0.326
35	0.674

Results for firm: 33
 Technical efficiency = 0.510

Scale efficiency = 0.958 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	7695.000	0.000	0.000	7695.000
output	2	157.800	0.000	0.000	157.800
input	1	19.200	-9.405	0.000	9.795
input	2	1000.900	-490.295	-35.369	475.236
input	3	154.134	-75.503	-5.446	73.185

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
34	0.302	
31	0.194	
35	0.504	

Results for firm: 34

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	16118.700	0.000	0.000	16118.700
output	2	240.000	0.000	0.000	240.000
input	1	18.800	0.000	0.000	18.800
input	2	844.200	0.000	0.000	844.200
input	3	130.013	0.000	0.000	130.013

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
34	1.000	

Results for firm: 35

Technical efficiency = 1.000

Scale efficiency = 0.726 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	1557.000	0.000	0.000	1557.000
output	2	8.000	0.000	0.000	8.000
input	1	2.500	0.000	0.000	2.500
input	2	230.000	0.000	0.000	230.000
input	3	35.415	0.000	0.000	35.415

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
35	1.000	

Results for firm: 36

Technical efficiency = 0.181

Scale efficiency = 0.795 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	3907.500	0.000	886.113	4793.613
output	2	156.500	0.000	0.000	156.500
input	1	38.200	-31.287	0.000	6.913
input	2	2448.700	-2005.537	-102.105	341.058
input	3	377.095	-308.849	-15.728	52.518

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
------	--------	--------

31	0.362
35	0.638

Results for firm: 37
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 0.453 (drs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	16407.000	0.000	0.000	16407.000
output	2	145.400	0.000	0.000	145.400
input	1	42.200	0.000	0.000	42.200
input	2	4900.000	0.000	0.000	4900.000
input	3	754.598	0.000	0.000	754.598

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
37	1.000	

Anexos

A – Indicadores de Desempenho da NP EN 15341:2019

B – Análise Exploratória de dados em *SQL Microsoft Access*

C – Modelo DEA-CCR

D – Modelo DEA-BCC

Anexo A – Indicadores de Desempenho, extraído da NP EN 15341:2019

Tabela 28 - Indicadores de Desempenho da NP EN 15341:2019.

		Nível dos indicadores		
Grupos dos Indicadores (NP EN 15341:2019)		Nível 1	Nível 2	Nível 3
	Indicadores Económicos	E1; E2; E3; E4; E5; E6	E7; E8; E9; E10; E11; E12; E13; E14	E15; E16; E17; E18; E19; E20; E21; E22; E23; E24
	Indicadores Técnicos	T1; T2; T3; T4	T5; T6	T7; T8; T9; T10; T11; T12; T13; T14; T15; T16; T17; T18; T19; T20; T21
	Indicadores Organizacionais	O1; O2; O3; O4; O5; O6; O7; O8	O9; O10	O11; O12; O13; O14; O15; O16; O17; O18; O19; O20; O21; O22; O23; O24; O25; O26

Anexo B – Análise Exploratória de Dados em *SQL Microsoft Access*

- Manutenção por Nível de Intervenção e por Ano

```
ManutencaoNivelIntervencaoAno X
SELECT Movimento.NivelIntervencao AS NivelIntervencao, Year([DataInicio]) AS AnoIntervencao,
Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes) AS DistanciaPercorridaEntreIntervencoes,
Sum(Movimento.CustosTotaisReais) AS CustosTotaisReais, Sum(Movimento.TempTotalIntervencao) AS
TempoIndisponibilidade, Sum(Movimento.TempoEntreIntervencao) AS TempoDisponibilidade,
Avg(Movimento.CustoKmPercorrido) AS MediaCustoMedioKmPercorrido, Avg(Movimento.CustoTempoDisponivel) AS
MediaCustoMedioTempoDisponivel, Avg(Movimento.AnosDisponibilidade) AS AnosVidaUtil,
(Sum(Movimento.CustosTotaisReais)/Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes)) AS
CustoMedioManutencaoPorKmPercorrido, (Sum(Movimento.CustosTotaisReais)/Max(Movimento.AnosDisponibilidade)) AS
CustoMedioManutencaoPorAnosVidaUtil,
(Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes)/Max(Movimento.AnosDisponibilidade)) AS
DistanciaMediaPercorridaPorAnosVidaUtil, Count(*) AS NrManutencoesAno
FROM Movimento
GROUP BY Movimento.NivelIntervencao, Year([DataInicio])
HAVING (((Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes))>0))
ORDER BY Movimento.NivelIntervencao, Year([DataInicio]);
```

Figura 28- Manutenção por Nível de Intervenção e por Ano.

- Manutenção por Viatura

```
ManutencaoViaturas X
SELECT Movimento.Matricula AS Matricula, Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes) AS
DistanciaPercorridaEntreIntervencoes, Sum(Movimento.CustosTotaisReais) AS CustosTotaisReais,
Sum(Movimento.TempTotalIntervencao) AS TempoIndisponibilidade, Sum(Movimento.TempoEntreIntervencao) AS
TempoDisponibilidade, Avg(Movimento.CustoKmPercorrido) AS MediaCustoMedioKmPercorrido,
Avg(Movimento.CustoTempoDisponivel) AS MediaCustoMedioTempoDisponivel, Max(Movimento.AnosDisponibilidade) AS
AnosVidaUtil, (Sum(Movimento.CustosTotaisReais)/Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes)) AS
CustoMedioManutencaoPorKmPercorrido, (Sum(Movimento.CustosTotaisReais)/Max(Movimento.AnosDisponibilidade)) AS
CustoMedioManutencaoPorAnosVidaUtil,
(Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes)/Max(Movimento.AnosDisponibilidade)) AS
DistanciaMediaPercorridaPorAnosVidaUtil, Count(*) AS NrManutencoes
FROM Movimento
GROUP BY Movimento.Matricula
HAVING (((Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes))>0))
ORDER BY Movimento.Matricula;
```

Figura 29 - Manutenção por Viatura.

- Manutenção por Viatura e por Ano

```
ManutencaoViaturasAno X
SELECT Movimento.Matricula AS Matricula, Year([DataInicio]) AS AnoIntervencao,
Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes) AS DistanciaPercorridaEntreIntervencoes,
Sum(Movimento.CustosTotaisReais) AS CustosTotaisReais, Sum(Movimento.TempTotalIntervencao) AS
TempoIndisponibilidade, Sum(Movimento.TempoEntreIntervencao) AS TempoDisponibilidade,
Avg(Movimento.CustoKmPercorrido) AS MediaCustoMedioKmPercorrido, Avg(Movimento.CustoTempoDisponivel) AS
MediaCustoMedioTempoDisponivel, Max(Movimento.AnosDisponibilidade) AS AnosVidaUtil,
(Sum(Movimento.CustosTotaisReais)/Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes)) AS
CustoMedioManutencaoPorKmPercorrido, (Sum(Movimento.CustosTotaisReais)/Max(Movimento.AnosDisponibilidade)) AS
CustoMedioManutencaoPorAnosVidaUtil,
(Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes)/Max(Movimento.AnosDisponibilidade)) AS
DistanciaMediaPercorridaPorAnosVidaUtil, Count(*) AS NrManutencoesAno
FROM Movimento
GROUP BY Movimento.Matricula, Year([DataInicio])
HAVING (((Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes))>0))
ORDER BY Movimento.Matricula, Year([DataInicio]);
```

Figura 30 - Manutenção por Viatura e por Ano.

- Manutenção por Viatura e por Nível de Intervenção

ManutencaoViaturasNivelIntervencao ✕

```
SELECT Movimento.NivelIntervencao AS NivelIntervencao, Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes) AS
DistanciaPercorridaEntreIntervencoes, Sum(Movimento.CustosTotaisReais) AS CustosTotaisReais,
Sum(Movimento.TempTotalIntervencao) AS TempoIndisponibilidade, Sum(Movimento.TempoEntreIntervencao) AS
TempoDisponibilidade, Avg(Movimento.CustoKmPercorrido) AS MediaCustoMedioKmPercorrido,
Avg(Movimento.CustoTempoDisponivel) AS MediaCustoMedioTempoDisponivel, Avg(Movimento.AnosDisponibilidade) AS
AnosVidaUtil, (Sum(Movimento.CustosTotaisReais)/Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes)) AS
CustoMedioManutencaoPorKmPercorrido, (Sum(Movimento.CustosTotaisReais)/Max(Movimento.AnosDisponibilidade)) AS
CustoMedioManutencaoPorAnosVidaUtil,
(Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes)/Max(Movimento.AnosDisponibilidade)) AS
DistanciaMediaPercorridaPorAnosVidaUtil, Count(*) AS NrManutencoes
FROM Movimento
GROUP BY Movimento.NivelIntervencao
HAVING (((Sum(Movimento.DistanciaPercorridaEntreIntervencoes))>0))
ORDER BY Movimento.NivelIntervencao;
```

Figura 31 - Manutenção por Viatura e por Nível de Intervenção.

- Número de Viaturas por Marca e Modelo

NrModelosMarca ✕

```
SELECT Viatura.Marca, Viatura.Modelo, Count(*) AS NrViaturasModelo
FROM Viatura
GROUP BY Viatura.Marca, Viatura.Modelo
ORDER BY Viatura.Marca;
```

Figura 32 - Número de Viaturas por Marca e Modelo.

- Número de Viaturas por Ano de Aquisição

NrViaturasAdquiridasAno ✕

```
SELECT Viatura.AnoAquisicao, Count(*) AS [Nr ViaturasAdquiridas]
FROM Viatura
GROUP BY Viatura.AnoAquisicao;
```

Figura 33 - Número de Viaturas por Ano de Aquisição.

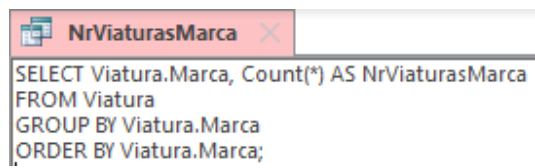
- Número de Viaturas por Tipo de Combustível

NrViaturasCombustivel ✕

```
SELECT Viatura.TipoCombustivel, Count(*) AS NrViaturasipoCombustivel
FROM Viatura
GROUP BY Viatura.TipoCombustivel;
```

Figura 34 - Número de Viaturas por Tipo de Combustível.

- Número de Viaturas por Marca



```
SELECT Viatura.Marca, Count(*) AS NrViaturasMarca
FROM Viatura
GROUP BY Viatura.Marca
ORDER BY Viatura.Marca;
```

Figura 35 - Número de Viaturas por Marca.

Anexo C – Modelo DEA-CCR, extraído de (Dourado, 2019)

Tabela 29 - Modelo DEA-CCR, extraído de (Dourado, 2009).

Modelo DEA-CCR, orientado a <i>input</i>	Modelo DEA-CCR, orientado a <i>output</i>
$\text{Maximizar } h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk},$ <p><i>sujeito a :</i></p> $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0$ $\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1$ $u_r, v_i \geq 0$ <p>$y = \text{outputs}, x = \text{inputs}, u, v = \text{pesos}$</p> <p>$r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$</p>	$\text{Minimizar } h_k = \sum_{i=1}^n v_i x_{ik},$ <p><i>sujeito a :</i></p> $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0$ $\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} = 1$ $u_r, v_i \geq 0$ <p>$y = \text{outputs}, x = \text{inputs}, u, v = \text{pesos}$</p> <p>$r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$</p>

Orientado a *input*:

O objetivo é minimizar os consumos de *inputs* de forma a produzir no mínimo o nível de *output* dado, expresso pela maximização do somatório das quantidades produzidas y multiplicadas pelos pesos *u*. A primeira restrição define-se como sendo o resultado da DMU, uma vez que é a subtração do somatório das quantidades produzidas multiplicadas pelos pesos dos *outputs* e o somatório das quantidades consumidas multiplicadas pelos pesos dos *inputs*. Está limitado a 0, pelo que, as empresas eficientes obterão o resultado 0, para a primeira restrição. Na segunda restrição, o somatório do produto das quantidades consumidas de *input* pelos pesos específicos para a empresa k é igual a 1. Daqui se conclui que o máximo resultado possível de se obter para h_k é 1. Caso não seja, obter-se-á um indicador de eficiência sempre inferior a 1.

Orientado a *output*:

Este modelo é equivalente ao anterior, sendo que as conclusões acima indicadas e as definições de restrições são homólogas, a única diferença advém da orientação, que transforma este modelo numa maximização do nível de produção, utilizando no máximo o nível de *inputs* observados.

Anexo D – Modelo DEA-BCC, extraído de (Dourado, 2019)

Tabela 30 - Modelo DEA-BCC, extraído de (Dourado, 2009).

Modelo DEA-BCC, orientado a <i>input</i>	Modelo DEA-BCC, orientado a <i>output</i>
$\text{Maximizar } \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} - u_k,$ <p><i>sujeito a :</i></p> $\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - u_k \leq 0$ $u_r, v_i \geq 0$ <p>$y = \text{outputs}, x = \text{inputs}, u, v = \text{pesos}$ $r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$</p>	$\text{Minimizar } h_k = \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} + v_k,$ <p><i>sujeito a :</i></p> $\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} = 1$ $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - v_k \leq 0$ $u_r, v_i \geq 0$ <p>$y = \text{outputs}, x = \text{inputs}, u, v = \text{pesos}$ $r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$</p>
<p>u_k ; v_k = São variáveis que representam os retornos de escala variáveis. Não estão sujeitas á restrição de positividade, podendo assumir valores negativos.</p>	

A inovação dos modelos DEA-BCC é a criação desta nova variável que pode assumir valores negativos pois não está sujeita a uma restrição de positividade.